



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

FORSKNING/STUDIE

# Vidareutveckling av Brandbränslekartan

Fördjupning i NDVI,  
kraftledningsgator och järnvägar

## **Vidareutveckling av Brandbränslekartan. Fördjupning i NDVI, kraftledningsgator och järnvägar**

Tidsperiod: 2022–2023

Utförare: Metria AB

Ansvarig forskare/författare: Susanne Ingvander, Michael Ledwith, Petra Odentun, Benedict Vidisson

Metria AB har under 2022–2023 på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) arbetat med att vidareutveckla den brandbränslekartering (BBK) som har producerats i olika versioner sedan 2016.

Detta steg i utvecklingen av brandbränslekartering innefattar två olika pilotprojekt. Det första handlar om att genom NDVI-analyser försöka identifiera när vegetationen går från torr gul till frisk grön, detta då det sammanfaller med att gräsbrandssäsongen avtar. Det andra pilotprojektet handlar om att skapa en robustare klassificering av den öppna marken så att man kan separera ris från buskar och gräsmark.

Vidare så har tre optioner utlöst där den första handlar om att se om man kan härleda vegetationsomslaget till klassificeringen inom NMD och BBK. De följande två optionerna är fördjupade studier kring brandrisk i anslutning till järnvägar och ledningsgator.

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

MSB:s Kontaktperson: Leif Sandahl, 010-240 53 12

Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB2227 – september 2023

ISBN: 978-91-7927-413-9

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

# Förord

En fördjupad utveckling av brandbränslekartan kan ge ett bredare användningsområde för vegetationsanalys inom brandbekämpning. I detta utvecklingssteg har vi fokuserat på gräsbrand och möjligheterna att identifiera start och avslut för gräsbrandssäsongen. Detta har inneburit ett fokuserat arbete i att förbättra karteringen av den öppna marken.

Vidare har ledningsgatans historia formulerats i form av att titta på dess heterogenitet och utveckling över tid. En ledningsgata kan agera både som en brandspredare och en brandbegränsare beroende på i vilken fas av röjningscykeln ledningsgatan befinner sig i.

Denna fördjupade analys lyfter igen databehov, behoven av referensdata samt kvalitet i insamlad information för att kunna kvalitetssäkra analyser.

Stockholm, 2023-05-31

Metria AB för MSB

Enheten för arbete med naturolyckor och beslutsstödsystem (RO-NB),  
Avdelningen för räddningstjänst och olycksförebyggande.



# Innehåll

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>9</b>
<b>Behovsbild</b> .....	<b>11</b>
<b>Studieområden</b> .....	<b>13</b>
Testområde .....	13
Fokusområde ledningsgata .....	14
<b>Pilotstudie 1: NDVI-analys av vegetationsövergång</b> .....	<b>17</b>
Arbetshypotes .....	17
NDVI-analys .....	17
Resultat .....	18
SENSAGRI .....	19
Statistisk analys av NDVI och SENSAGRI .....	20
Indata .....	20
Syfte .....	20
Metod .....	20
Resultat och diskussion .....	22
Slutsats .....	25
<b>Pilotstudie 2: Robustare klassificering av den öppna marken</b> .....	<b>27</b>
Arbetshypotes .....	27
Metod .....	27
Gräsdominerad och risdominerad mark .....	28
Buskdominerad mark .....	28
Validering .....	28
Resultat och diskussion .....	29
<b>Option 1: Korrelation mellan NDVI-vegetationsövergång och befintlig klassificering enligt NMD och BBK</b> .....	<b>31</b>
Arbetshypotes .....	31
Metod .....	31
Resultat och diskussion .....	32
<b>Option 2: Järnvägar och antändning av vegetationsbränder</b> .....	<b>35</b>
Arbetshypotes .....	35
Indata .....	35
Järnvägsnät .....	35
Tågbrömsbrand tabell .....	35
Analys .....	36
Marktäcke .....	37
Järnvägsspår utformning (kurvor) och vägkorsningar .....	39

Lutning och lutningsriktning .....	41
Väder och torrhet och storgeografisk analys .....	41
Sentinel-2 NDVI .....	42
Sentinel-2 och NBR .....	43
Slutsatser .....	43
<b>Option 3: Ledningsgator – vilken inverkan har de på vegetationsbränder .....</b>	<b>45</b>
Arbetshypotes .....	45
Bakgrund .....	45
Vegetationstyper i ledningsgator .....	46
Ledningsgatans cyklicitet .....	48
Ledningsgatans heterogenitet .....	50
Att hitta på ledningsgatan systematiskt .....	51
Ledningsgatans brandbenägenhet .....	53
<b>Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>55</b>
<b>Nästa steg .....</b>	<b>57</b>
Nästa utvecklingssteg .....	57
Potentiella långsiktiga utvecklingssteg .....	58
<b>Referenser .....</b>	<b>61</b>
Indata .....	61



# | Sammanfattning



# Sammanfattning

Metria AB har under 2022–23 på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) arbetat med att vidareutveckla den brandbränslekartering (BBK) som har producerats i olika versioner sedan 2016.

Detta steg i utvecklingen av brandbränslekartering innefattar två olika pilotprojekt. Det första handlar om att genom NDVI-analyser försöka identifiera när vegetationen går från torr gul till frisk grön, detta då det sammanfaller med att gräsbrandsäsongen avtar. Det andra pilotprojektet handlar om att skapa en robustare klassificering av den öppna marken så att man kan separera ris från buskar och gräsmark.

Vidare så har tre optioner utlösts där den första handlar om att se om man kan härleda vegetationsomslaget till klassificeringen inom NMD och BBK. De följande två optionerna är fördjupade studier kring brandrisk i anslutning till järnvägar och ledningsgator.

# | Behovsbild

# Behovsbild

Brandbränslekartan (BBK) är under löpande utveckling för att förbättra möjligheterna att använda den som underlag i brandspridningsmodellering och i samband med analys av brandrisk. I denna del av utvecklingen har följande behov identifierats och hanteras inom två pilotstudier och tre optioner. Under arbetet med vidareutveckling av BBK inom detta projekt har följande behov identifierats:

- **Pilotstudie 1:** Gräsbrandsäsongen pågår från när snön smälter och torrt fjolårsgräs blir exponerat tills när grönt friskt och frodigt gräs växer in och börjar begränsa brandspridningsrisken. Genom att följa hur NDVI utvecklas över tid är hypotesen att det skall vara möjligt att identifiera och karakterisera detta omslag i vegetationen och på så sätt kunna beräkna när i tiden detta omslag kommer att ske baserat på NDVI.
- **Pilotstudie 2:** Tidigare utvecklingsprojekt inom både brandbränslekarteringen (BBK) och Nationella Marktäckedata (NMD) har påvisat behov av en robust finfördelning i klassificering av den öppna marken. Inom BBK är det viktigt att särskilja ris-, busk- och gräsmarker för att kunna gradera dess brandspridningsförmåga. Arbetet att skilja på dessa klasser har tidigare gjorts inom Agenda för landskapet samt tidigare utvecklingsprojekt inom BBK.
- **Option 1:** Identifierat omslag i Pilotstudie 1 korreleras mot befintlig klassificering inom studieområdet. Både BBK och NMD klassificering.
- **Option 2:** I option två fördjupas arbetet kring järnvägar och bränder som antänts på grund av tåginbromsningar och goda förutsättningar till brand i anslutning till tågspåret.
- **Option 3:** Innefattar en fördjupning i analys av röjningscykler i kraftledningsgator, hur förfinad klassificering av den öppna marken samt NDVI kan stödja analys av brandspridning via kraftledningsgator.

# | Studieområden

# Studieområden

## Testområde

Pilotprojektet genomförs i ett studieområde kring Kalmar län, Sentinel-granul 33VWD, se figur 1. NDVI analysen görs för granulen 33VWD medan metodutvecklingen för utökning av tematiska klasser i BBK har genomförts i tre studieområden; 33VVC, 33VWK och 33VXK. Studieområdet i 33VWD har valts för att testa analysen på en ny granul och som samtidigt har en blandad komposition i marktäcket. Studieområdet är markerat i figur 1. Analysen för järnvägar har ett eget studieområde som finns beskrivet under option 1.

**Figur 1.** Det aktuella studieområdet för analyserna i denna rapport görs i 33VWD som är markerad i rött.



Bakgrundskarta ©Lantmäteriet.

## Fokusområde ledningsgata

Den fördjupade analysen av ledningsgator är ett delområde inom 33VWD (figur 2) och utgör en ledningsgata som sträcker sig från Simpevarv och 10 km inåt landet. Ledningsgatan är cirka 100 m bred.

**Figur 2.** Det fördjupade arbetet med ledningsgator görs i det blå området till höger i figuren. Utsnittet från 33VWD är markerat i den vänstra figuren.



Bakgrundskarta ©Lantmäteriet





# **Pilotstudie 1: NDVI-analys av vegetations- övergång**



# Pilotstudie 1: NDVI-analys av vegetationsövergång

## Arbetshypotes

Arbetet med pilotstudie 1 grundas i hypotesen att under våren när det torra fjolårsgräset övergår till friskt och fuktigt årsgräs så borde detta gå att se i satellitdata genom att beräkna och följa utvecklingen av NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) över tid.

## NDVI-analys

NDVI är ett index som används för vegetationsanalys som ett mått på mängden levande vegetation med utgångspunkt att klorofyll och grön vegetation reflekteras kraftigt i nära infraröda våglängder medan det absorberas i det röda synliga spektrat. NDVI kan således beräknas från det röda (R) och nära infraröda (NIR) våglängdsbanden i Sentinel-2 och beräknas som ett normaliserat differensindex med följande ekvation:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (1)$$

Metria genomför NDVI-analyser över valt fokusområde (33WVD) baserat på data från Sentinel-2 under en tidsperiod från 2018–2022. Analysen är avgränsad till vårmånaderna då gräset växer till (mars–juni) för de tidpunkter där det finns data från Sentinel-2 att tillgå (molnfria data). En analys av hur NDVI varierar över tid önskar identifiera ett omslag/tröskel/platå när det gula fjolårsgräset ersätts med grönt årsgräs. När vegetationen i slutets av säsongen vissnar så avtar fotosyntesen och NDVI värdet kommer således att sjunka och närma sig 0.

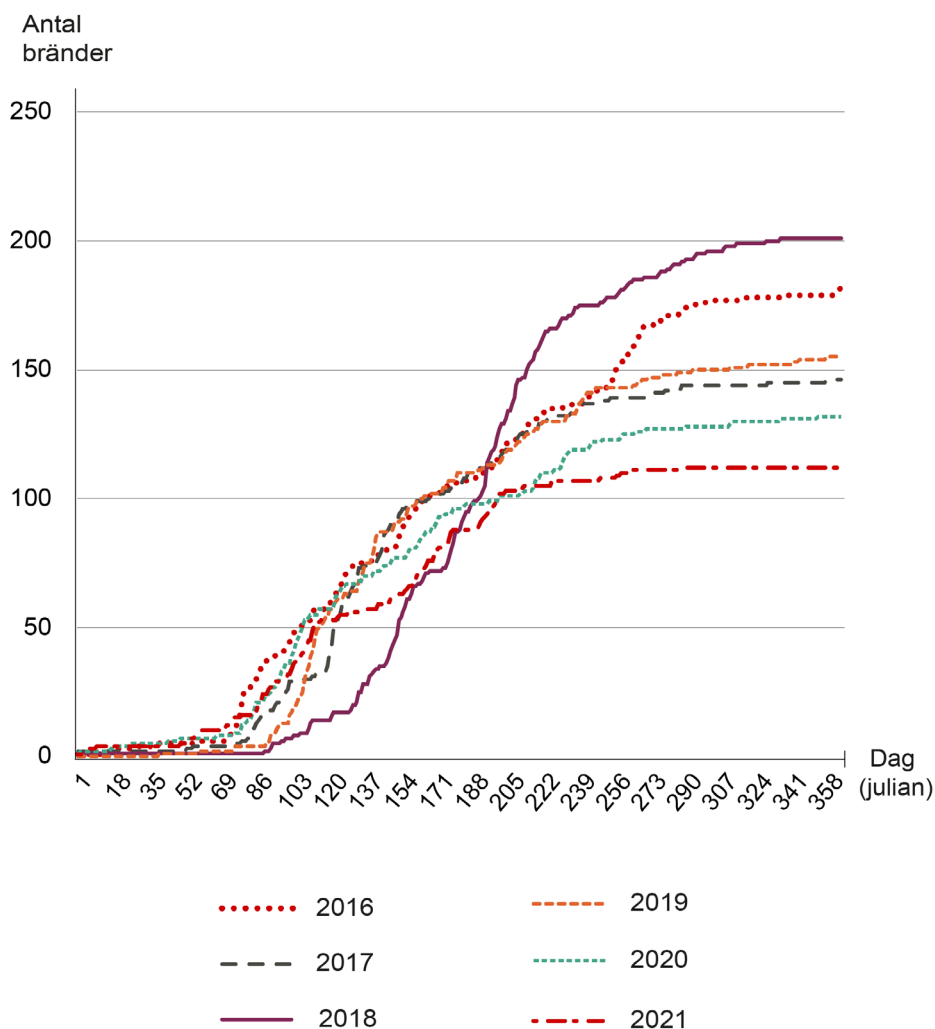
För att validera eventuella identifierade omslag i NDVI har samtliga data om vegetationsbränder för aktuell tidperiod erhållits från MSBs databas statistik över bränder i skog och mark (IDA-MSB, 2022). Utöver detta har MSB:s grad-dagsmodell (Sjörström et al., 2022) för säsongsslut använts för att räkna ut när gräsbrandssäsongen avslutas inom fokusområdet.

## Resultat

Analysen av NDVI inom fokusområdet visar ingen systematik varken över året eller mellan de analyserade åren. Inga stigningar/omslag eller plattåer kunde identifieras. En orsak till att inget omslag kunde identifieras kan vara det långa intervallet mellan insamlade data, både på grund av insamlingsfrekvens och på grund av moln som ger luckor i data. En annan orsak kan vara att variationen i NDVI är för svag för att kunna registrera ett tydligt omslag.

Vad gäller bränder (IDA-MSB, 2022) visar figur 3 antalet bränder i öppen vegetation i fokusområdet över tid per år. Även i dessa data är det svårt att identifiera någon plattå där gräsbrandsäsongen slutar. Rent hypotetiskt borde det vara färre bränder i den öppna vegetationen efter inväxning av grönt årsgräns.

**Figur 3.** Antalet bränder i öppen vegetation i fokusområdet över tid/år.



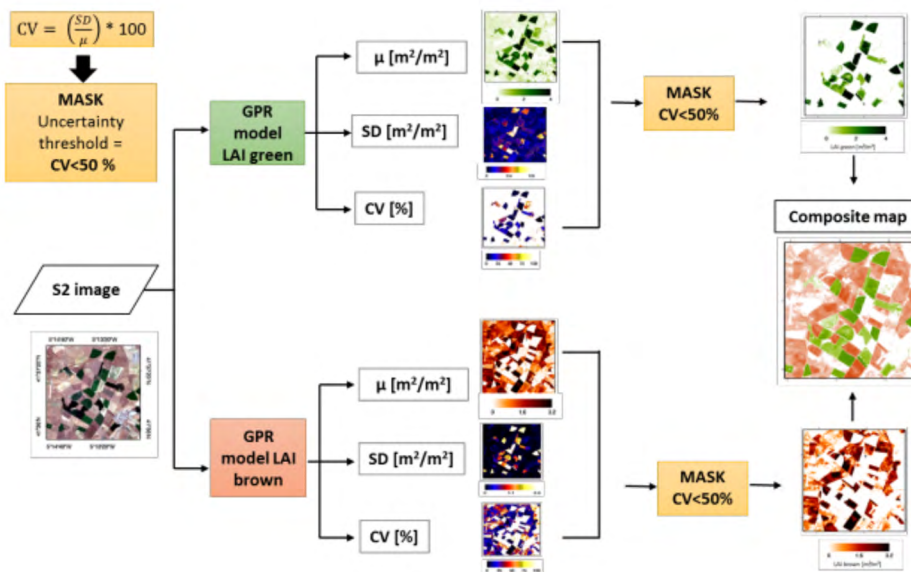
Då varken NDVI eller antalet bränder över tid visar något tydligt omslag eller plattå i data som kan indikera på ett omslag så söktes andra datakällor för att identifiera ett omslag som avslutar gräsbrandsäsongen.

## SENSAGRI

Då NDVI inte gav den tydliga signal som önskat kontaktades projektgruppen för Horizon2020 projektet SENSAGRI (Sentinel Synergy for Agriculture) (Amin et al., 2018). SENSAGRI använder sig av den etablerade parametern LAI (Leaf Area Index) vilket är ett index för andelen bladyta (en sida) per enhet markyta. LAI fokuserar generellt på grön vegetation (LAI green). SENSAGRI har vidareutvecklat metoden för att även beräkna andelen åldrad vegetation så kallad brun vegetation (LAI brown). Inom SENSAGRI-projektet har det tagits fram en metod som använder det spektralt mer avgränsade röda bandet ”red edge” från Sentinel-2 för att analysera vegetationen. Produkten är ett raster med 8 band som redovisar andel grön respektive brun vegetation binärt och i andelar, samt statistik kring säkerheten i analysen. Metoden beskrivs i figur 4 samt i detalj i Amin et al., 2018. De två framtagna klasserna namnges här i rapporten som SENSAGRI grön (LAI green) och SENSAGRI brun (LAI brown).

För att kunna använda SENSAGRI-metoden för att analysera data för aktuellt fokusområde under aktuell tidsperiod kontaktades projektgruppen som tagit fram metoden och en testmodul av mjukvara för analys tilldelades oss.

**Figur 4.** Översiktlig beskrivning av metoden för att beräkna LAI green och LAI brown från Sentinel 2 genom att använda SENSAGRI-metoden.



Källa: Amin et al., 2018.

Satellitdata som analyserats för NDVI analyserades även för SENSAGRI LAI green och LAI brown för att se om ett eventuellt omslag från torrt fjolårsgräs till friskt årsgräs var möjligt att identifiera i SENSAGRI-data.

## Statistisk analys av NDVI och SENSAGRI

För att möjliggöra statistisk analys av SENSAGRI och NDVI har data avgränsats till att enbart omfatta den öppna marken i NMD där den delats in i zoner för att skapa hanterbara enheter att beräkna statistik på.

### Indata

Indata som använts för att genomföra analysen:

- NDVI beräknat från Sentinel-2 för tillgängliga datum 2018–2022
- SENSAGRI beräknat från Sentinel-2 för tillgängliga datum 2018–2021
- NMD (v.1.1, 2018) klass 42 – Övrig öppen mark med vegetation
- Raster med potentiella gräsmarker (öppen mark -gräsdominerad, klass 423 enligt metod för utökad klassning av övrig öppen mark enligt metodtester inför NMD 2.0 inom Agenda för Landskapet, se pilotstudie 2 nedan) (Metria, 2022).

### Syfte

En samlad analys av NDVI- och SENSAGRI-värden under vår/tidig sommar för att försöka att hitta samband mellan beräknade värden och slutet på brandsäsong för varje år.

### Metod

NMD, klass 42 (öppen mark med vegetation) och öppen mark – gräs gräsdataraster, klass 3, läggs ihop. Dessa pixlar blir grund till analys av data, sk. AOI (=area of interest).

SENSAGRI-data täcker endast åren 2018–2021, då valideringsdata i form av faktiska bränder endast stäcker sig till 2021 (valideringsmaterial) så beräknades SENSAGRI endast för åren 2018–2021 då det går att jämföra med både pågående bränder och NDVI-data. Perioden som granskas är mars till slutet av juni då gräsbrandsäsongen förväntats avtagit i juni.

För att göra statistiken mer representativ förbereds data genom att dela upp pixlarna i zoner. Detta görs genom att aggregera närliggande pixlar så att följande analyser inte behöver göras på varje 10 m<sup>2</sup> pixel för sig. Hela området delas upp i hexagoner med ca. 14 400 m<sup>2</sup> yta (motsvarar en kvadrat med 12x12 pixlar) och läggs till AOI. Varje område ges en zonkod och sparas som raster.

All befintlig NDVI- och SENSAGRI-data samlas i tabeller. NDVI visar NDVI-värde per datum och zon. SENSAGRI har olika band, så de som väljs ut är band 2 (grön), band 5 (brun) och band 8 (Classification).

Pixelvärden i varje zon aggregeras för att beräkna statistik per datum.

- För NDVI, SENSAGRI grön och SENSAGRI brun beräknas medelvärde per zon och per datum.
- För SENSAGRI tilldelas zonen klass 0 (out of uncertainty threshold) om det är fler 0:or än andra klasser. Om inte beräknas medelvärdet av klass 1 (grön), klass 2 (grön och brun) och klass 3 (brun). Medelvärdet avrundas och ger zonerna en klassning per datum. Det vore möjligt att ta den oftast förekommande klassen per zon och per datum, men i det fall zonen innehåller en jämn spridning mellan SENSAGRI grön och SENSAGRI brun så är det rimligare att tilldela zonen den grön-bruna klassen.
- I alla indata förekommer ”nodata”, det vill säga att data saknas, som kan täcka majoriteten av en zon. I sådana fall får zon ett null-värde.

Data används för att exportera en linjgraf per zon som visar utveckling av NDVI-värden, SENSAGRI grön, SENSAGRI brun och klassificering enligt SENSAGRI-data. För att kunna göra en visuell geografisk kontroll av resultatet skapas också ett GIS-skikt som länkas till en.

Utöver detta exporterades dessutom en graf för hela granulen för varje år (figur 5).

De framtagna graferna innehåller även ett beräknat slutdatum för brandsäsongen enligt rapporten ”En ny modell för gräsbrandsfara i Sverige” (Sjöström et al., 2022). Väderdata, för att kunna beräkna detta värde, har hämtats från SMHIs observationdata, där varje zon hämtar temperatur- och snödjupsdata ifrån den närmaste väderstationen inom granulen. Väderstationer som används är alla stationer i och nära granulen som täcker perioden 2018–2021.

Samtliga beräkningar har gjorts med hjälp av GIS-analyser i ArcGIS samt genom python-scriptning. Den matematiska aggregeringen av data har utförts i statistikprogrammet R.

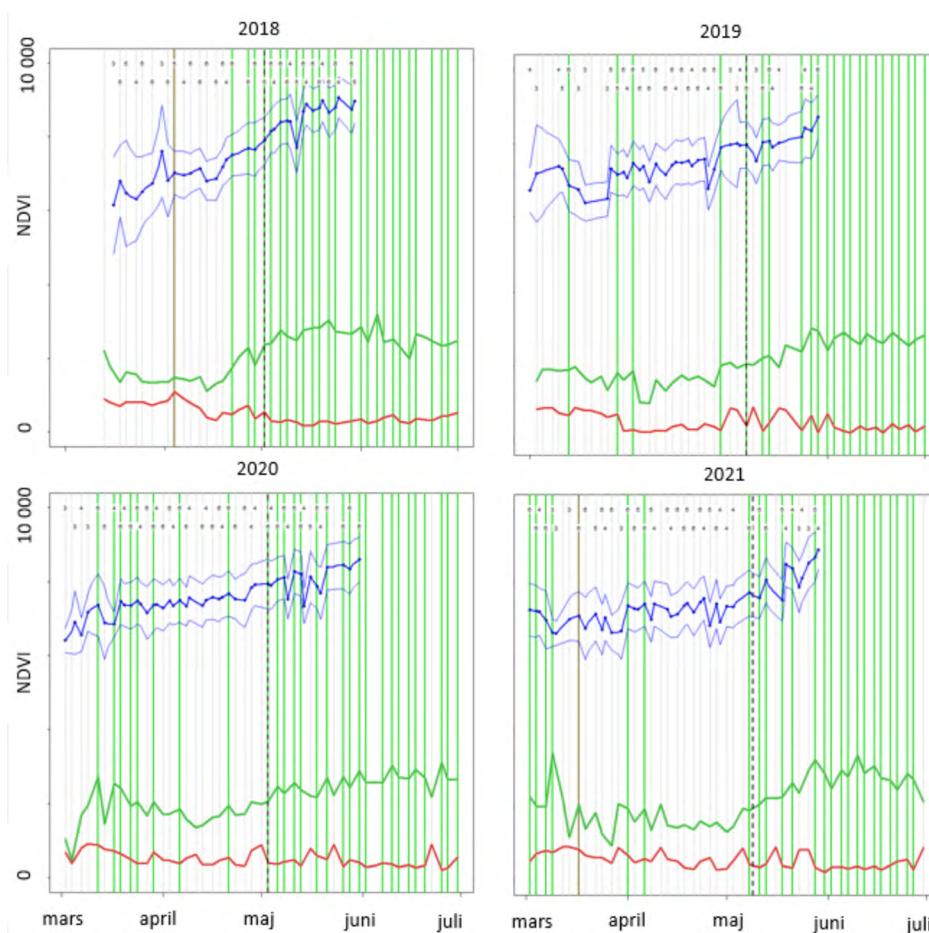
Metoden begränsas av att moln täcker stora delar av granulen under ett flertal datum och således finns det långa perioder där satellitdata saknas i analysen vilket kommer att påverka analysresultatet i flera delar av granulen.

För att kunna identifiera ett omslag gjordes en infärgning av zoner efter klassificering grön eller brun med tvåveckors intervaller. Detta för att se om man kan se något geografiskt samband mellan omslag från SENSAGRI brun eller osäker till SENSAGRI grön.

## Resultat och diskussion

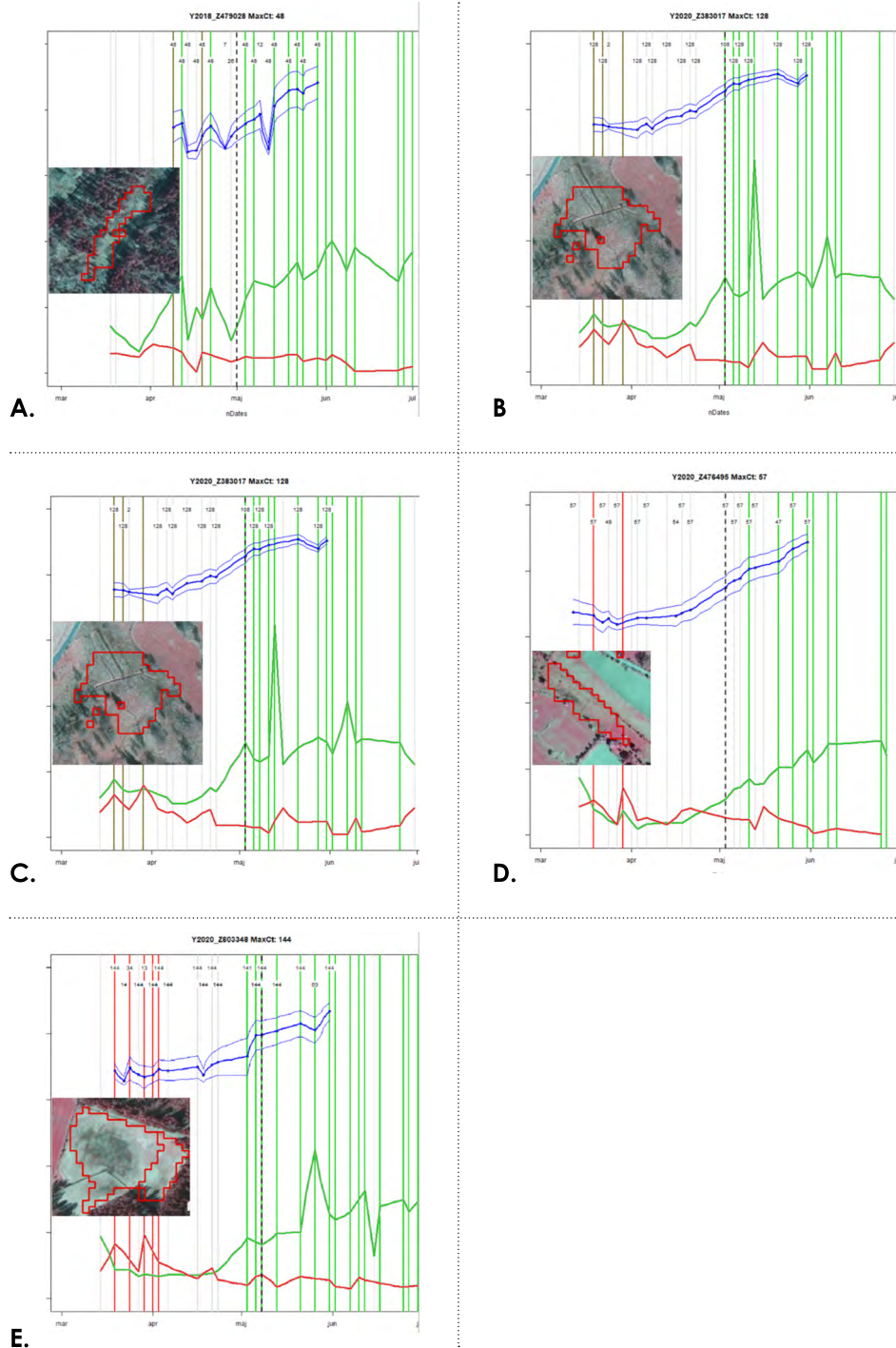
Vad gäller jämförelse mellan åren är det inte möjligt att identifiera en trend som påvisar en tidpunkt för ett specifikt omslag (figur 5). NDVI-kurvan (blå linje) påvisar varken en plåtå eller tydliga avbrott som efterfrågas i vår hypotes. SENSAGRI brun håller en jämn nivå över säsongen för hela granulen, medan SENSAGRI grön påvisar en ökning efter det beräknade säsongsslutet enligt graddagsmodellen (svarta streckade vertikala strecket. De gröna vertikala strecken visar när granulen uppvisar en statistiskt säkerställd SENSAGRI grön signal.

**Figur 5.** Sammanställning av NDVI (blå), SENSAGRI brun (brun) och SENSAGRI grön (grön) över tiden mars–juni från 2018–2021. De horisontella gröna linjerna visar när området är bekräftat grönt.



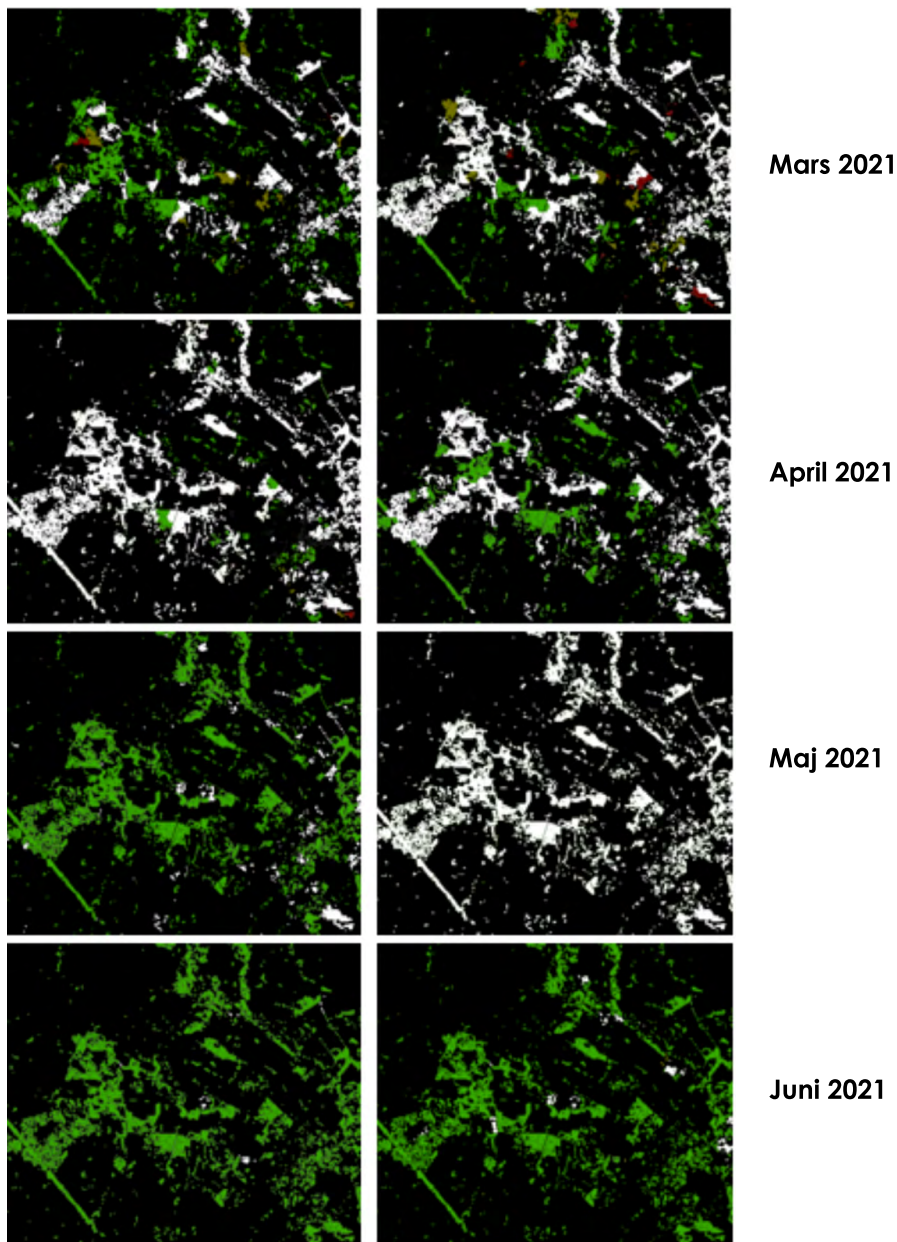
Vid en fördjupad utvärdering av hur olika marktyper förhåller sig till analysen av NDVI, SENSAGRI grön och SENSAGRI brun så visar det sig att det inte är möjligt skilja kurvorna från de olika marktyperna, figur 6 a–e där a är ledningsgata, b är dikad åkermark, c och d är brukad mark och e är betesmark.

**Figur 6.** Exempel på NDVI och SENSAGRI signal från olika marktyper; A är ledningsgata, B är dikad åkermark, C och D är brukad mark och E är betesmark. NDVI (blå), SENSAGRI brun (brun) och SENSAGRI grön (grön), de horisontella gröna linjerna visar när området är bekräftat grönt och den horisontella streckade linjen är beräknat avslut för gräsbrands-säsongen enligt GDD-modellen.



Vad gäller infärgningen av kartorna efter SENSAGRI brun eller SENSAGRI grön så går det att identifiera eventuellt omslag till SENSAGRI grön men då de kan efterföljas av perioder av avsaknad av data eller osäker klassificering så är det svårt att peka på ett identifierat omslag för ett visst område. Se exempel i figur 7.

**Figur 7.** Exempel på zoner och dess utveckling över tid. Varje zon är klassad som ingen tilldelad klass i vitt, brun zon i brunt och grön zon i grönt. Analysen är gjord i tvåveckors intervall i.e. 2 bilder för varje månad.





## Slutsats

Slutsatsen är att signalen för NDVI är för svag för att identifiera ett omslag i vegetation från torrt fjolårsgräs till friskt årsgräs. SENSAGRI brun och grön verkar möjligt att användas för att identifiera perioden efter gräsbrandssäsongens slut som säkert grön. Vidare arbete krävs för att se om man kan indentifiera perioden före säsongsslut genom att fördjupa arbetet med SENSAGRI-data vilket inte har rymts att göra inom detta projektet.



# **Pilotstudie 2: Robustare klassi- ficering av den öppna marken**

# Pilotstudie 2: Robustare klassificering av den öppna marken

## Arbetshypotes

Pilotstudie två handlar om att fördjupa indelningen av den öppna marken till de klasser som föreslagits i tidigare rapport (Metria, 2022). Samma AI-modell som användes i ovan nämnda rapport har använts i det nya testområdet 33WVD. Detta för att kunna fördjupa arbetet med att kartera den öppna marken och använda den vidare i analyser inom detta arbete med både NDVI och SENSAGRI.

## Metod

En AI-modell tränas upp med olika indata för att sedan klassa enligt uppsatta regler. I denna analys har modellen tränats med indata i form av laserdata, satellitdata och framtagna referensdata. Modellen klassar hela granulen i 33WVD. I denna rapport har vi fokuserat på att fokusera på öppna mark-klasser med vegetation enligt NMD:s system: öppen mark – buskdominerad (421), öppen mark – risdominerad (422), öppen mark – gräsdominerad (423). Övriga vegetationstäckta öppna markklasser som åkermark, hygge och våtmarksklasser behandlas inte i denna fördjupade analys. Även den förfinade uppdelningen av i olika fuktighetsklasser som tagits fram inom utvecklingen av NMD 2.0 (Agenda för landskapet, 2021) har exkluderats från denna studie. Metoden för att identifiera gräs, ris och buskar i den öppna marken utförs enligt samma metod som redovisades i tidigare rapport från Metria (2022) med samma typ av indata:

- Sentinel-2
- Sentinel-2, NDVI
- Sentinel-2, övriga produkter
- Laserdata Skog, Höjdpercentiler för granul 33VVC
- Laserdata NH
- Övriga produkter, Sverigetäckande
- Laserdata Skog
- Övriga produkter, framtagna för granul 33VVC
- Markfuktighetsindex 10 m (Metria, 2017)
- Berg i dagen och jordarter (SGU)

## Gräsdominerad och risdominerad mark

AI-modellen har tränats med indata i form av laserdata, satellitdata och referensdata. Modellen klassar hela granulen i ris eller gräs. Klassningen kommer antingen som binär klass av varje pixel med kontinuerliga värden för gräs eller kontinuerliga värden för ris. Utöver detta genereras det också ett utdataset där den klass med det högsta kontinuerliga värdet anger pixelvärdet (2 för ris eller 3 för gräs). Det är klass 3 från detta dataset som används som gräsmark i vidare analys av NDVI och SENSAGRI.

## Buskdominerad mark

Buskdataset har tagits fram för testområdet (33WVD) genom att använda laserdata från NH som avgränsas i höjd och täckningsgrad för att identifiera vegetation som är buskar. Avgränsningen görs vid en täckningsgrad på 50 % och en höjd mellan 0 och 5 meter.

## Validering

Modellen har itererats en gång efter att ha underskattat mängden ris i modellen. Det nya resultatet av körning två har använts i projektet och klassningen har validerats mot NILS-ytor med kända gräs och risytor som vidare har tolkats i IR-ortofoton.

I valideringen har inte hänsyn tagits till data om fraktion mellan ris och gräs, se figur 8. Denna information kan dock vara viktig när man tittar på brandbenägenhet i den öppna marken.

**Figur 8.** Exempel av en av kontrollpunkterna i valideringen av GSB2 och GSB3 i fraktioner, här i procentandelar GSB2 (ris).



## Resultat och diskussion

Efter att resultaten kvalitetssäkrats har framtaget dataset över gräsmarker i 33VWC använts som basunderlag för analys av gräsmark i samtliga vidare analyser inom detta utvecklingsprojekt. För framtida analyser bör hänsyn tas till fraktioner mellan ris och gräs då detta kan påverka brandbenägenheten i ett område och hur den varierar över säsongen. Exempelvis, om en yta har 40 % ris och 60 % gräs kommer den att falla ut som gräs och brandrisken utgår från just risken för gräsbrand som är hög på våren när gräset är torrt medan den sjunker på sommaren. Det som då inte syns i karteringen är att ca 40 % är ris som generellt har en hög brandrisk året om vilket alltså påverkar bedömningen av brandrisk för området. Att analysera fraktioner av ris och gräs kan användas i analys då den dolda informationen kan påvisa att en yta är extra brandbenägen en del av året eller kan ha en dämpade effekt och att sedan detta förhållande ändras över tid.

Buskdatasetet håller en lägre noggrannhet än ris och gräs då det baseras på två enskilda laserskanningstillfällen och inte tar hänsyn till spektrala skillnader mellan olika typer av buskar som kan ha olika brandbenägenhet. Laserskanningen görs med glesa intervall (cirka 5 år) och vissa arter av buskar kan växa snabbt. Det kan också vara svårt att separera buskar från sly på samma sätt som det kan vara svårt att separera lövsly och gräs spektralt.



**Option 1:  
Korrelation  
mellan NDVI-  
vegetations-  
övergång och  
befintlig klassi-  
ficering enligt  
NMD och BBK**

# Option 1: Korrelation mellan NDVI-vegetationsövergång och befintlig klassificering enligt NMD och BBK

## Arbetshypotes

Om man kan identifiera ett omslag från torrt fjolårsgräs till fuktigt årsgräs så är det intressant att veta hur detta omslag kan kopplas till olika befintliga klassindelningar av den öppna marken. Arbetshypotesen är att omslaget bör ske i klasser med majoritet av gräs samt att omslaget bör öka över tid.

## Metod

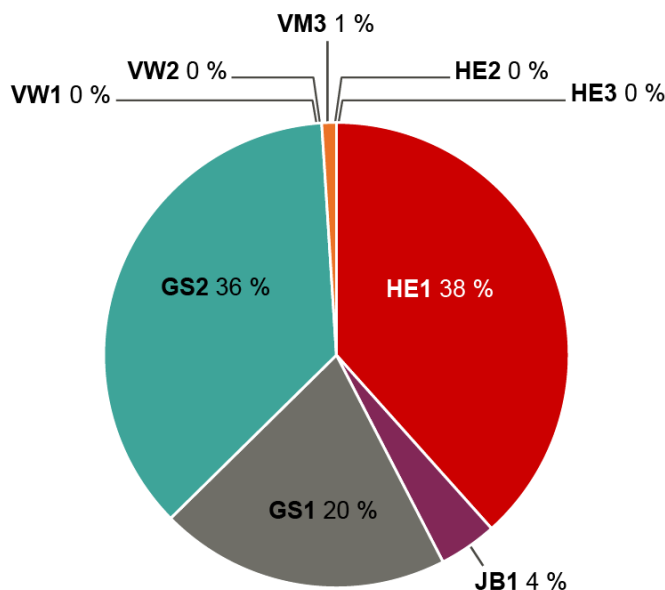
Då NDVI inte påvisade ett omslag används resultatet från SENSAGI-analysen (pilotstudie 1) för att avgränsa ett potentiellt omslag. Data för att analysera omslaget är zonerna samt deras utveckling över tid (pilotstudie 1). Den tidsintervall som används är samma som visas i figur 7 (pilotstudie 1), det vill säga två karteringar per månad (A motsvarar två första veckorna i en månad och B de två sista veckorna i en månad).

Då metoden för att ta fram gräsmarker görs under en mask som exkluderar alla andra ytor förutom klass 42, övrig öppen mark med vegetation, så kan resultaten som är heltäckande inte jämföras med NMD (då alla faller inom samma klass) utan endast med BBK som har flera olika klasser inom den öppna marken med vegetation.

## Resultat och diskussion

Inom den mark som karterats som gräsmark inom granulen (se pilotprojekt 1 och 2) är fördelningen inom BBK följande i huvudsak HE 3 – Hygge, öppen mark med låga träd eller buskar (38 %), GS 1 – öppen vegeterad mark hävdad (20 %) och GS 2 – öppen vegeterad mark ej hävdad (36 %) och en liten del inom JB 1 – åkermark, brukad (4 %), figur 9.

**Figur 9.** Fördelningen av klasser från BBK inom den öppna markklassen som har identifierats som gräs genom körning av AI modellen i pilotstudie 2. Gräsmarken klassas i BBK till störst del av HE3, GS1 och GS2.

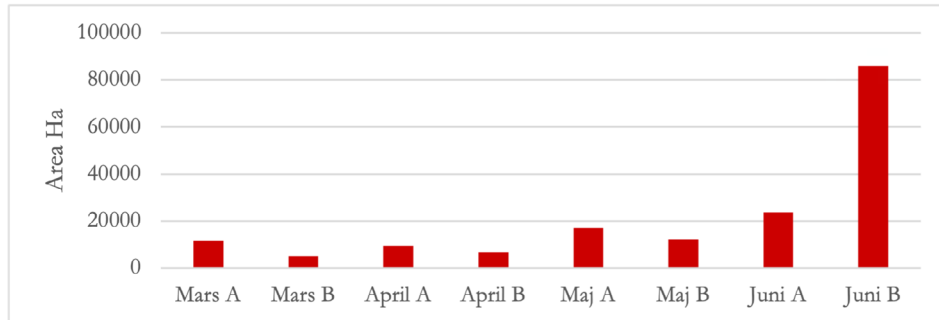


De klasser där omslag sker är samma som identifierades inom gräsmarken (HE 3, GS 1 och GS 2) enligt BBK. Vad gäller omslag över tid verkar det systematiskt ske en ökning av antalet gröna ytor (SENSAGRI grön) under första delen av maj samt i juni (figur 10). Denna signal kan dock påverkas av mängden tillgängliga satellitdata med molnfria pixlar under dessa perioder.

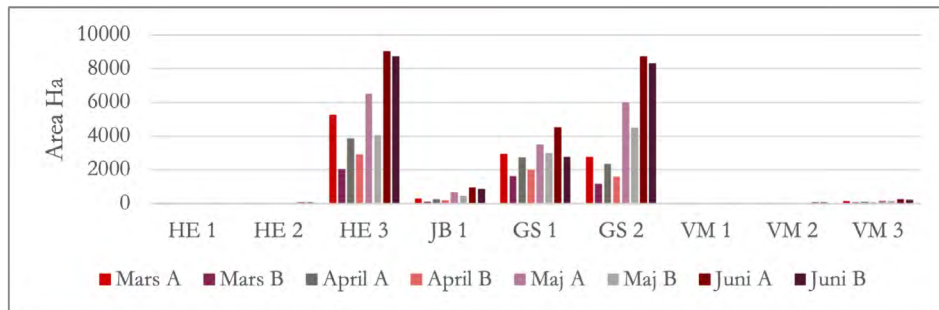



**Figur 10. A,** Area gräsmark som klassats som bekräftad SENSAGRI grön över hela granulen 33WVD över tid. **B,** De olika BBK-klassernas utveckling över tid till bekräftad SENSAGRI grön.

A.



B.





# **Option 2: Järnvägar och antändning av vegetations- bränder**

# Option 2: Järnvägar och antändning av vegetationsbränder

## Arbetshypotes

Hypotesen är att undersöka huruvida man kan identifiera och analysera olika parametrar som kan ha betydelse för förekomst av bränder i anslutning till tågbanor för att framöver kunna göra bättre brandriskprognoser. Detta görs genom att undersöka samband mellan NMD-klasser och förekomst av bränder i anslutning till järnvägar samt om det finns ett samband mellan brandpunktens koordinat och närhet till bromssträckor såsom järnvägs korsningar och kurvor. Parametrar som undersöks är NMD-klass, potentiella tåginbromsningssträckor, lutning och riktning samt generella väderförhållanden (torka) och storgeografisk variation, väder respektive NDVI.

## Indata

Det finns ett antal indata som har använts i analysen där två skikt är särskilt viktiga – järnvägsnät och en databas över rapporterade bränder. Andra indata inkluderar höjddata (Lantmäteriets Laserdata NH2+), Nationella marktäckedata (NMD) och satellitdata (Sentinel-2).

## Järnvägsnät

Järnvägsnätet skapades utifrån Trafikverkets järnvägsdatabas (NDJB, 2022). Den är en vektor shapefil (linje) med SWEREF99TM koordinatsystem.

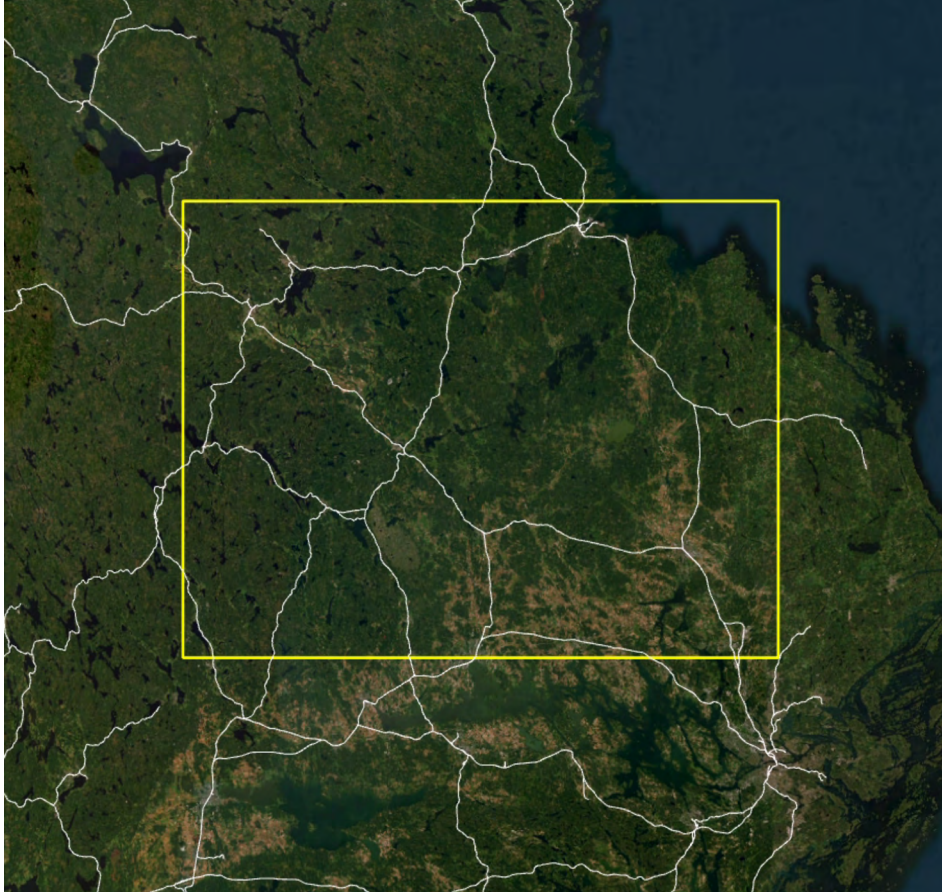
## Tågbrömsbrand tabell

Ett punktskikt skapades baserat på data i tagbromsbrand.csv, en Excel-fil med koordinater och datum från databasen över rapporterade bränder (IDA-MSB, 2023). Filen innehåller 1 462 rapporterade bränder mellan mars 1998 och augusti 2021. Tjugo av dessa punkter ligger utanför Sverige. Enbart 61 % av alla punkter ligger inom 50 meter från järnvägsspåret och 49 % inom 15 meter. Att endast 61 % av bränderna inom kategori tågbrömsbrand ligger inom 50 m från järnväg påvisar den bristande noggrannheten i positionering av bränderna vid inrapportering till MSB.

## Analys

Ett område nordväst om Stockholm valdes för att utföra analysen (figur 11). Detta studieområde har en tillräckligt stor databas över bränder (2 865), inklusive rapporterade tågbrömsbränder (331), för en statistiskt säker analys.

**Figur 11.** Studieområdet, nordväst om Stockholm. Befintliga tågspår visas som vita linjer.



Som nämndes under kapitlet ”Indata” hamnade bara hälften av de rapporterade tågbrömsbränderna inom 15 meter från ett tågspår. Figur 12 visar hur noggrannheten av punkternas position försvårar analysen. Kopplingen mellan marktäckte, som är kanske den viktigaste faktorn i analysen, och brandtillfälle blir svag när koordinaternas noggrannhet inte är tillförlitlig och varierar i stor utsträckning.

**Figur 12.** De röda punkterna är rapporterade tågbränsbränder. Bara en av de tre punkterna har angivna koordinater som ligger inom 50 m av tågspåret (svart linje).



## Marktäcke

Den nationella marktäckedatabasen (NMD) användes för att identifiera om det finns en koppling mellan marktäcke och brandbenägenhet i anslutning till tågspåren. NMD är ett raster med 10 m upplösning per pixel. En kvalitativ analys gjordes för rapporterade tågbränsbränder till MSB (IDA-MSB, 2022). Analysen omfattar både det exakta området runt de rapporterade bränderna samt ett buffrat område inom 20 m av brandens koordinater. De punkter som används i analysen har sin rapporterade koordinat inom 15 meter från rälslinjen. Tabeller 1–4 visar resultat av analyserna.

Det flesta rapporterade tågbränsbrändera (84 %) ligger inom övrig öppen mark med vegetation, exploaterad mark (väg/järnväg) eller i skog (tabell 1).

**Tabell 1.** NMD marktäckeklass för de 331 tågbränsbränder som ligger inom studieområdet. Statistiken visar antal och andel (%) tågbränsbränder per NMD-klass på koordinat angiven i databas över tågbränsbränder (dvs punkt i jämförelse med pixeln).

Klass	Antal	Procent
Öppen våtmark	1	0,3 %
Åkermark	23	6,9 %
Övrig öppen mark med vegetation	63	19,0 %
Exploaterad mark, byggnad	16	4,8 %
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg	9	2,7 %
Exploaterad mark, väg/järnväg	126	38,1 %
Sjö eller vattendrag	5	1,5 %
Skog (klass >= 111)	88	26,6 %

Om det undersökta området utvidgas med en 20 m buffert (från koordinatpunkten) blir resultaten mer rimliga. Över 90 % av tågbränsbränderna äger rum i ett område som domineras av antingen öppen mark eller exploaterad mark (väg/järnväg). Tabell 2 bekräftar det rimliga antagandet att två av tre tågbränsbränder inträffar längs järnvägen, fast på exploaterad mark och inte nödvändvis på öppen eller åkermark.

**Tabell 2.** Marktäcke för de 162 tågbränsbränder som ligger inom studieområdet och ligger inom 15 m av ett tågspår. Statistik visar majoritet av marktäcke (NMD) inom en 20 m buffert runt punktens koordinat.

Klass	Antal	Procent
Öppen våtmark	1	0,6 %
Åkermark	3	1,9 %
Övrig öppen mark med vegetation	39	24,1 %
Exploaterad mark, byggnad	1	0,6 %
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg	3	1,9 %
Exploaterad mark, väg/järnväg	107	66,0 %
Skog (klass >= 111)	8	4,9 %

Detta resultat stämmer väl överens med analysen av alla bränder som rapporteras in till MSB inom hela studieområdet. Baserad på marktäcket på de exakta koordinaterna (2 865 punkter) ligger nästan hälften (44,6 %) av punkterna inom skogen (tabell 3). Bara en sjättedel hamnar på exploaterad mark (väg/järnväg).

**Tabell 3.** Marktäcke för de 2 685 bränder rapporterade till MSB som ligger inom hela studieområdet. Statistik visar marktäcke på samma koordinat som angavs (dvs en jämförelse av pixeln).

Klass	Antal	Procent
Öppen våtmark	36	1,3 %
Åkermark	171	6,0 %
Övrig öppen mark utan vegetation	30	1,0 %
Övrig öppen mark med vegetation	490	17,1 %
Exploaterad mark, byggnad	263	9,2 %
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg	77	2,7 %
Exploaterad mark, väg/järnväg	497	17,3 %
Sjö eller vattendrag	24	0,8 %
Skog (klass>= 111)	1 277	44,6 %

Om man däremot enbart plockar ut bränder som ligger inom 15 m av ett tågspår och utvidgar analysområdet med 20 m (tabell 4) visar återigen statistiken att den marktäckeklass där bränder faller ut ligger inom exploaterad mark (väg/järnväg) och öppen mark (88 %).

**Tabell 4.** Marktäcke för de 175 bränder rapporterade till MSB som ligger inom studieområdet och är inom 15 m av ett tågspår. Statistik visar majoritet av marktäcke inom en 20 m buffert runt punktens koordinat.

Klass	Antal	Procent
Åkermark	4	2,3 %
Övrig öppen mark med vegetation	40	22,9 %
Exploaterad mark, ej byggnad eller väg/järnväg	2	1,1 %
Exploaterad mark, väg/järnväg	115	65,7 %
Skog (klass>= 111)	14	8,0 %

## Järnvägsspår utformning (kurvor) och vägkorsningar

Kurvor och vägkorsningar undersöktes för att identifiera om det finns en ökad risk för tågbränder i närheten av platser där det finns kurvor på järnvägen eller där det finns en vägkorsning. En visuell analys av ett antal platser visade att det fanns många rapporterade bränder i närheten av både vägkorsningar (figur 13) och kurvor (figur 14). Däremot att koppla just kurvor och vägkorsningar till en ökad risk för bränder är svårt (figur 14 och 15). Inom studieområdet fanns det ett tydligt samband mellan kurvor inom stadskärnan och bränder (figur 14). Mindre orter som Avesta, Borlänge, Ludvika och Storvik hade många bränder just längs sådana kurvor i stadskärnan. Det kan kontrastera med raka järnvägsspår utan vägkorsningar i Gävle och Uppsala som har drabbats (figur 15).

**Figur 13.** Rapporterade tågbränsbränder på båda sidor av en vägkorsning.



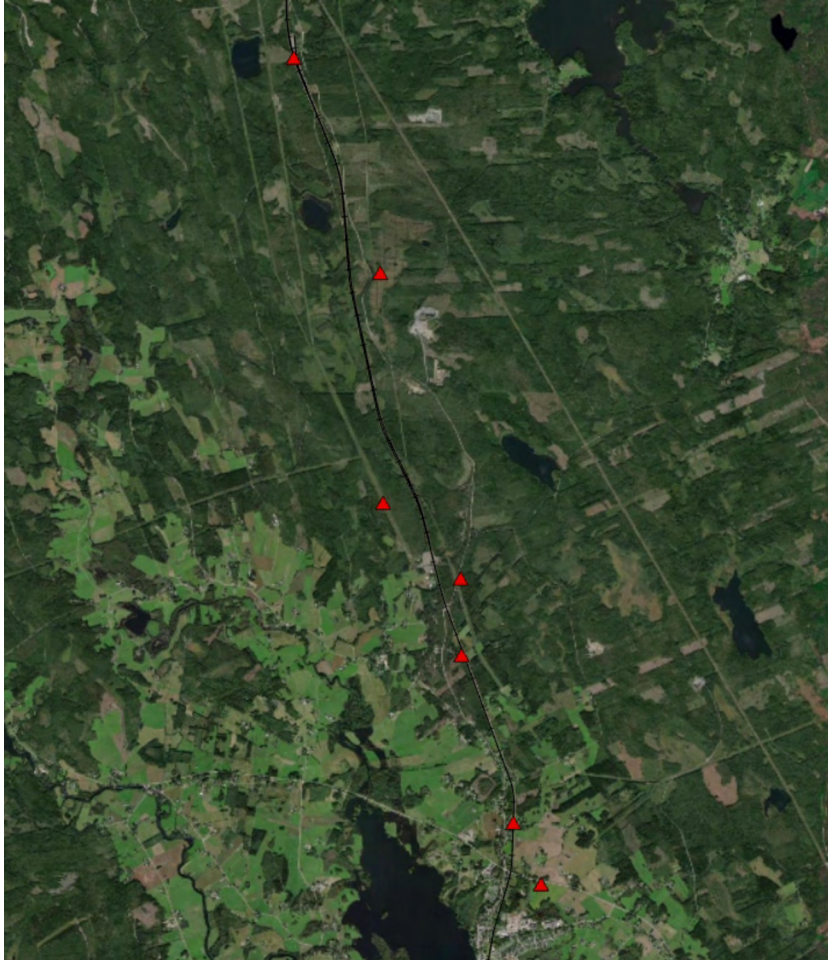
**Figur 14.** Rapporterade tågbränsbränder längs en kurva på spåret där tåget förväntas att bromsa in.





I området norr om Ockelbo är järnvägsspåret är ganska rakt och det finns inte någon vägkorsning i närheten av de rapporterade bränderna (figur 15).

**Figur 15.** Rapporterade tågbränsbränder längs en ganska raka del av järnvägen, norr om Ockelbo.



### Lutning och lutningsriktning

En analys som riktade sig mot lutning och lutningsriktning (aspekt) av området i närheten av rapporterade bränder. Analysen byggdes på Lantmäteriets NH+ databas med två meter pixelsupplösning. Ett antal rapporterade tågbränsbränder (191) undersöktes. Ungefär sex av tio bränder skedde på relativt flack mark (<5 grader). Av de 69 bränder som ägde rum på en sluttning låg hälften i söderläge (-45–45 grader).

### Väder och torrhet och storgeografisk analys

Det finns en viss koppling mellan rådande väder och bränder. Dött, torrt gräs är särskilt benägna att fatta eld på grund av gnistbildning från tåg. Efter att snön har smält under våren finns dött gräs kvar längs spåren. Ett tydligt mönster syns i under april, maj och juni då de flesta bränder inträffar (78 % av alla inom studieområdet), tabell 5.

**Tabell 5.** De 331 rapporterade tågspårsbränder som ligger inom studieområdet. Det finns en stark koppling mellan årstid och tågbrömsbränder.

Månad	Bränder
Mars	7
April	71
Maj	105
Juni	81
Juli	41
Augusti	17
September	9

En klar majoritet av tågbrömsbränder sker under mars och april i Svealand och Götaland där snö har hunnit smälta. Under juni blir bränderna mer jämnt fördelade längs järnvägsspåren i hela Sverige.

Det finns en annan tydlig geografisk aspekt till tågbrömsbränder. I Götaland och Svealand är drabbas alla järnvägsspår med ett undantag. För spårsträckan söder om Vänern, mellan Gårdsjö och Trollhättan, finns bara en brand rapporterad, i Lidköping 2008. I Norrland förekommer nästan alla rapporterade tågbrömsbränder på de kustnära järnvägsspåren (Stambanan). Det finns ytterst få rapporterade bränder på Inlandsbanan eller längs sträckorna mellan Inlandsbanan och Stambanan.

## Sentinel-2 NDVI

Nästan 200 Sentinel-2 bilder analyserades för att identifiera möjliga kopplingar mellan vegetation och tågbrömsbränder. I detta fall är det frånvaron av friskt gräs som undersöks. Med hjälp av analys av andelen grön vegetation NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) (Eq. 1) kan man få en indikation av vegetationen hälsa (alltså om vegetation är frisk eller ej). Om exempelvis en gräsmatta, som normalt har ett högt NDVI, utsätts för brand skulle NDVI-värdet sjunka och bli väldigt lågt ( $< -0,4$ ). Tabell 6 visar antal bilder och när satellitbilderna togs (månad och år).

**Tabell 6.** Antal Sentinel-2 bilder som Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kalkylerades för (alla tillgängliga och mestadels molnfria) r över landet mellan juli 2015 och augusti 2021.

Månad	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
April	0	1	2	9	13	10	7
Maj	0	4	3	15	2	6	3
Juni	0	1	1	8	7	11	5
Juli	1	3	2	10	6	0	9
Augusti	6	3	1	3	3	10	2
September	2	6	1	6	7	7	0


En visuell jämförelse mellan ett stort antal rapporterade tågbränder och NDVI-värden i närheten gav ofullständiga resultat. I ett par fall log brandpunkten på en bro eller viadukt vilket tyder på att koordinaterna var där personen som anmälde branden stannade och inte nödvändvis där branden ägde rum. Inga av de kontrollerade platserna visade sig att ha en markant eller statistiskt signifikant minskning av NDVI jämförd med omgivningen.

## Sentinel-2 och NBR

Genom att tillämpa fjärranalysmetoder kan effekter av ett brandförlopp karteras över en stor yta och jämföras mot de klasser som har tagits fram för BBK. I detta projekt har det spektrala indexet Normalized Burn Ratio (NBR) från satelliten Sentinel-2 både före och efter rapporterade bränder i anslutning till järnvägar och därefter jämförts mot BBK-data. Inga signifikanta samband kan identifieras och därför användes inte NBR mot BBK vidare i analysen av tågbränder.

## Slutsatser

Syftet med denna analys var att undersöka om det finns kopplingar mellan en järnvägs egenskaper och tågbränder. Ett flertal egenskaper analyserades men det var inte möjligt att identifiera en konsekvent koppling mellan järnvägsspårets läge och någon av dessa egenskaper. Det största förhindret till en framgångsrik analys var sannolikt de bristfälliga koordinaterna för rapporterade tågbränder. I många fall ser det ut som om koordinater hänvisar till platsen där personen som rapporterade branden stannade bilen och inte den faktiska platsen där branden ägde rum. Det var särskilt uppenbart på platser där inga tecken av en brand kunde ses i satellitbilderna.



**Option 3:  
Ledningsgator –  
vilken inverkan  
har de på vege-  
tationsbränder**

# Option 3: Ledningsgator – vilken inverkan har de på vegetationsbränder

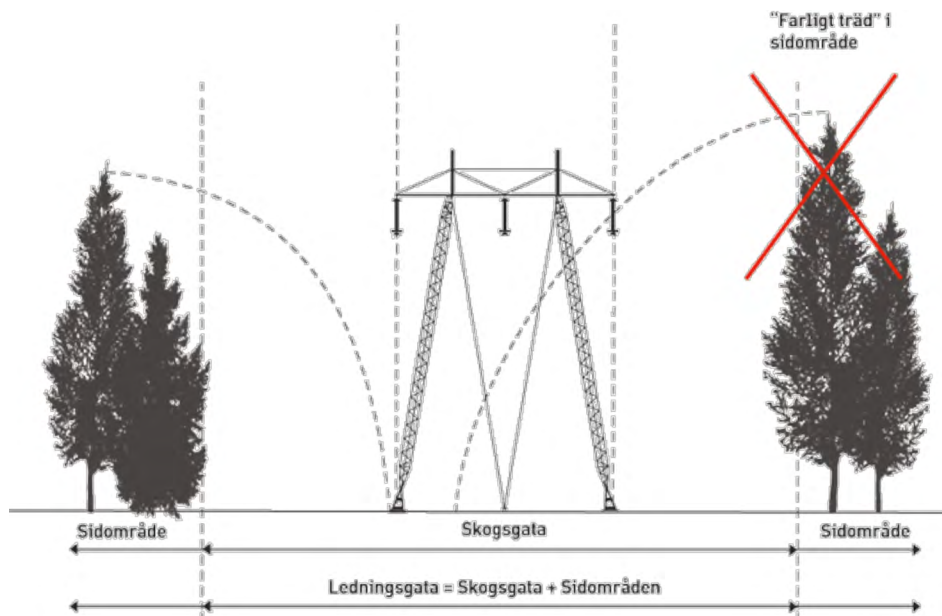
## Arbetshypotes

Arbetshypotesen för option 3 var att beskriva ledningsgatans ”historia”, hur den varierar genom landskapet, hur den utvecklas över tid både gällande säsong och genom en röjningscykel. Detta för att kunna identifiera när ledningsgatan är en brandspridare och när den är en brandbegränsare.

## Bakgrund

Ledningsgator spelar en viktig roll inom arbetet med att förstå brandspridning i vegetation. De kan agera som stubiner och brandspridare genom att föra elden vidare längs ledningsgatan och sprida den till annan brandbenägen vegetation på andra sidan av ledningsgatan eller föra över/bredda elden på andra sidan ledningsgatan. Detta är komplicerat att förstå och svårt att ta hänsyn till när man planerar begränsningslinjer för att stoppa en pågående brand. Ledningsgatorna kan dessutom också i sig agera som en begränsningslinje och stoppa eller minska brandens framfart.

**Figur 16.** En schematisk bild över ledningsgatan samt sidoområdet som visar den ytan som röjs i underhållsarbetet vid ledningsgatorna.



Källa: Svenska kraftnät, 2022.

Ledningar i Sveriges elnät grupperas i transmissionsnät (stamnät) (700–220kV), regionnät (40–130kV) och lokalnät (<40kV–230V). Staten (Svenska kraftnät) ansvarar för transmissionsnätet medan regionala elbolag ansvarar för region- och lokalnät. Kraftledningarna och därmed ledningsgatorna de står i blir mindre ju mindre mängd el de transporterar. Ledningsgatorna står under löpande underhåll då vegetationen av säkerhetsskäl måste begränsas för att inte skada eller beröra ledningarna genom fallande träd eller vegetation. Rönjningsarbetet sker cykliskt med årlig besiktning från luft, rönjningsbesiktning vart fjärde år samt genomförd rönjning och avverkning vart 8:e år. Det som då röjs är sly och träd som riskerar påverka ledningarna samt träd som står i sidoområdet och som riskerar att falla på ledningarna (figur 16). De nätansvariga ansvarar även för rönjningen i kraftledningarna. Fördjupad information kring rönjning och inspektionsintervall finns på Svenska Kraftnäts hemsida.

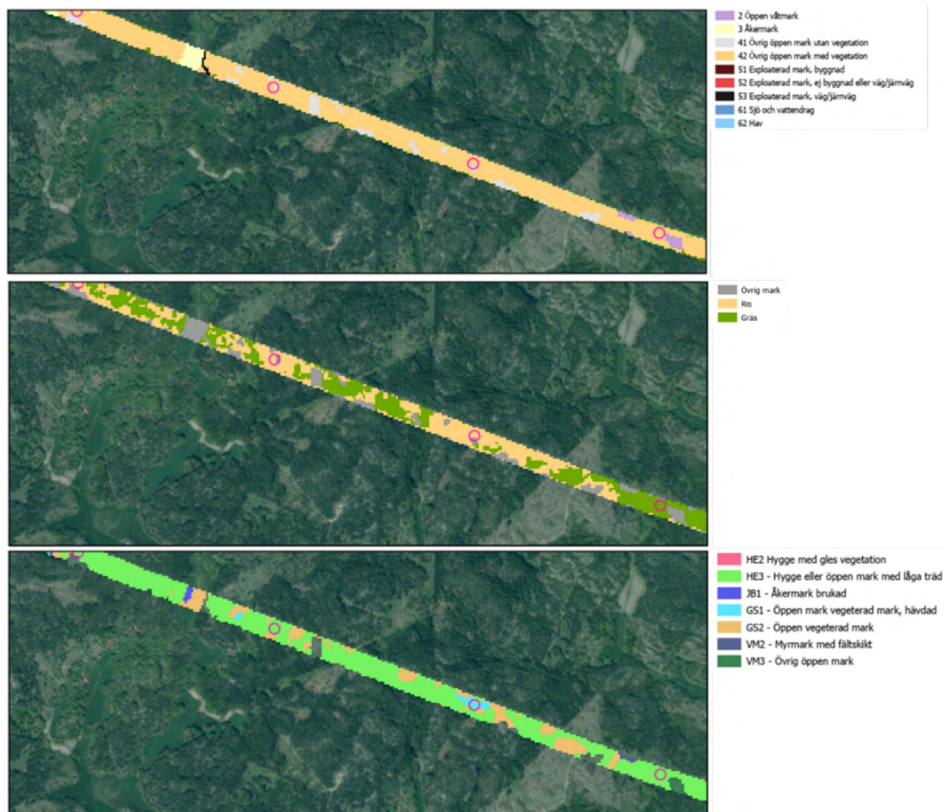
## Vegetationstyper i ledningsgator

Befintliga marktäckekarteringar identifierar i huvudsak ledningsgator som hygge eller öppen mark med låga träd (BBK) och som övrig öppen mark med vegetation NMD v.1.1 (tabell 7, figur 17). I klassningen från pilotstudie 2 som utgår från uppdaterade metoder för klassning inför NMD 2.0 (Agenda för landskapet, 2022) identifieras en mindre del av ledningsgatan som ris och cirka 40 % som gräs. Större delen ligger inom klassen övrig mark som kan vara exploaterad mark eller utgöras av andra hårdgjorda ytor (tabell 7, figur 17). Kontrollpunkterna har liknande fördelning mellan de tre olika karteringarna.

**Tabell 7.** Tabellen visar vilka klasser som är representerade i ledningsgatorna från tre olika klassificeringar.

Datakälla	Klassning	Ledningsgata	Kontrollpunkter
<b>NMD, utökad klassning</b>	Ris	2 %	7 %
	Gräs	39 %	33 %
	Övrig mark	58 %	60 %
<b>BBK</b>	Hygge med gles vegetation	0 %	
	Hygge eller öppen mark med låga träd	83 %	92 %
	Åkermark brukad	1 %	
	Öppen mark, vegeterad hävdad	1 %	5 %
	Öppen vegeterad mark	10 %	2 %
	Myrmark med fältskikt	5 %	
	Övrig öppen mark	0 %	
<b>NMD v.1.1</b>	Öppen våtmark	5 %	
	Åkermark	3 %	1 %
	Övrig öppen mark utan vegetation	5 %	8 %
	Övrig öppen mark med vegetation	72 %	91 %
	Exploaterad mark väg/järnväg	16 %	0 %
	Sjö och vattendrag	0 %	

**Figur 17.** En kartbild över fyra kontrollpunkter från fokusområdet ledningsgata från NMD v.1.1 överst, NMD – utökad klassning i mitten och BBK längst ned.



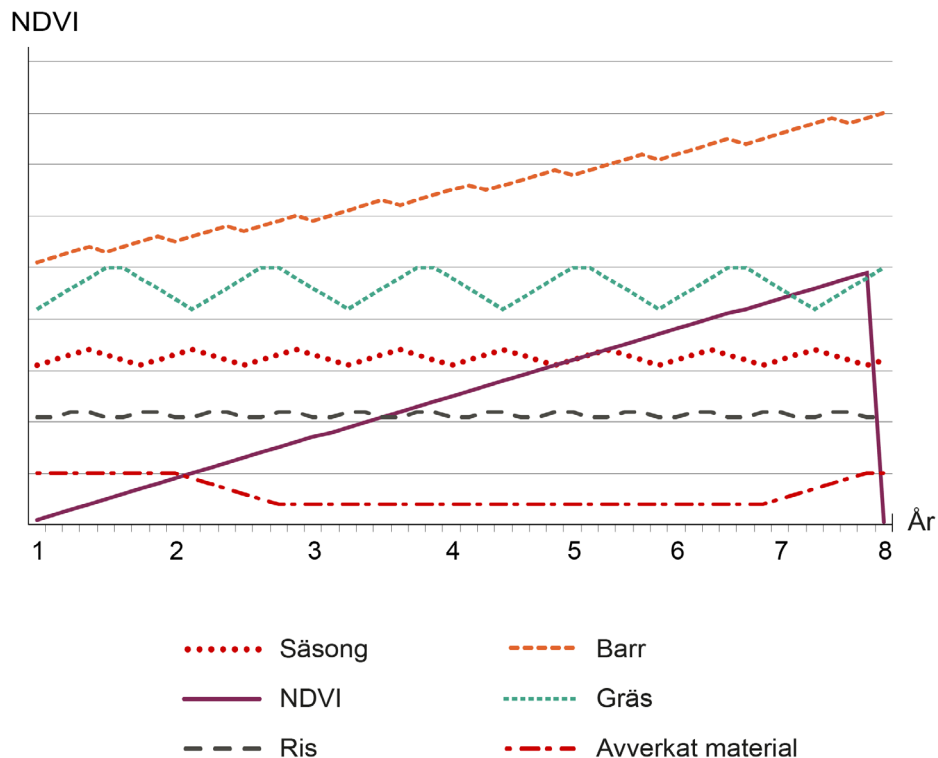
## Ledningsgatans cyklicitet

Ledningsgator är komplexa i sin morfologi då de varierar över flera olika tids-skalar samt att de finns en stor heterogenitet i ledningsgatorna än i landskapet i övrigt då de skär rakt genom just landskapet och inte tar hänsyn till marktäcket.

Ledningsgatornas cyklicitet påverkar när i tiden de är mer eller mindre brand-benägna. Cykliciteten och dess intervall är beskrivet i som en konceptuell modell i figur 18 som en hypotes över hur vegetationen och dess NDVI-signal utvecklas över tid i en ledningsgata. X-axeln visar tid i en röjningscykel som vanligtvis är 8år, Y-axeln har inget värde och kurvorna visar inte absoluta värden utan en hypotes för hur de kan förändras över tid samt i förhållande till varandra.



**Figur 18.** En konceptuell modell som beskriver en hypotetisk utveckling av NDVI över tid. Modellen ska beskriva signalens utveckling över tid och inte hur de förhåller sig till varandra.



Hela ledningsgatan påverkas av säsongvariationen som styrs av årstid och fenologi (säsong), figur 18. Utifrån sambandet mellan NDVI och vegetation är en generell hypotes att NDVI borde öka i ledningsgatan under röjningscykeln, för att sedan avta drastiskt när ledningsgatan röjs. De tre huvudtyperna av vegetation varierar olika över tid inom en säsong (fenologiskt), men även över längre tid (röjningscykeln) på grund av kontinuerlig tillväxt av vegetation. Inom gräsklassen faller även sly och snabbväxande lövbuskar ut. Sly växer snabbt över åren och ger en kraftigare biomassa som under sommarsäsong ger en starkare NDVI-signal över tid (gräs). Ris å andra sidan växer långsamt och har en begränsad tillväxt över året respektive under röjningscykeln. Barrbuskar växer till över åren men har en begränsad säsongvariation vad gäller NDVI (barr). Det avvertrade materialet som lämnas i en ledningsgata kan ha högt NDVI när det just avverkats men vissnar på sikt, det är också som mest brandbenäget när det precis avverkats och torkat (avverkat material).

Den aktuella ledningsgatan i testområdet avverkades mellan åren 2013 och 2015 och man kan tydligt följa cykliciteten i ledningsgatan (figur 19) över tid från år 2013 med högt sly och som år 2015 har avverkats. Man ser sedan år 2017 och år 2021 att gräs och sly återigen växer in i kontrollytan FID9 (figur 19).

**Figur 19.** Ett fördjupningsexempel från kontrollpunkt FID9 inom fokusområde ledningsgata. Figuren visar utveckling över tid i form av ortofoton.



## Ledningsgatans heterogenitet

Då ledningsgatorna skär genom landskapet från punkt A till B utan hänsyn till underliggande marktäcke så är de generellt heterogena längs ledningsgatorna, men undervegetationen sammanfaller med omgivande vegetation. Exempel på variabilitet både inom och mellan olika ledningsgator påvisas i figur 20 samt i tabell 8 där över 10 kontrollpunkter har analyserats i testledningsgatan. I figur 20, högra bilden, kan man se en blandning av både ris, gräs och buskar i tät variation. Sent i röjningscykeln är vegetationen uppväxt och kan vara tät i områden vilket kan leda till hög brandspridning beroende på sammansättningen av vegetationen, figur 20, vänstra bilden.

**Figur 20.** Variabilitet mellan och inom ledningsgator.



Foto: Michael Ledwith.

En annan del av heterogeniteten är att klassningen görs binärt men i många fall finns mixade pixlar med delar ris och delar gräs (figur 21).

**Figur 21.** Två kontrollpunkter som påvisar variabiliteten i fraktioner mellan ris och gräs där vitt är 100 % ris och svart är 0 % ris.



## Att titta på ledningsgatan systematiskt

För att bekräfta hypotesen att ledningsgatans brandbenägenhet utvecklas med röjningscykeln lades 12 testytor ut med jämnt avstånd i ledningsgatan (tabell 8). Dessa karterades sedan enligt metoden för öppen mark inom NMD – utveckling (Agenda för landskapet, 2021) och ris och gräs i NMD-klassen öppen mark med vegetation (NMD v.1.1). Vegetationens utveckling över röjningscykeln analyserades sedan över tid från ortofoto från åren 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 och 2021. Bilderna är registrerade olika tider på året från april till juni. Ledningsgatan röjdes mellan 2013-06-03 och 2015-05-24. Syftet med denna analys är att identifiera de ytor som ständigt är täckta av ris men med övrig vegetation i varierande grad. Till exempel testyta 7 där ris är dominerande över hela röjningscykeln eller testyta 2, 3, 4, 6 och 11 där ris finns närvarande under hela tidsperioden men inväxning av sly växer in över riset och därmed döljer riset i senare delar av röjningscykeln men kommer fram igen efter röjning. Ytor med gräs, exempel 5, 8, 9, 10, 12 har en kraftig tillväxt över tid och en tydlig minskning i mängden vegetation efter avverkning och röjning. I dessa testytor kan man tidigt på säsongen se brunt gräs som senare på säsongen är grönt och frodigt. Då sly även karteras som gräs så kan det gå över till att vara sly. I det fall den gröna friska vegetationen är sly så ser man en tydlig signal när detta avverkats, kontrollpunkter 3, 5, 6 och 9.

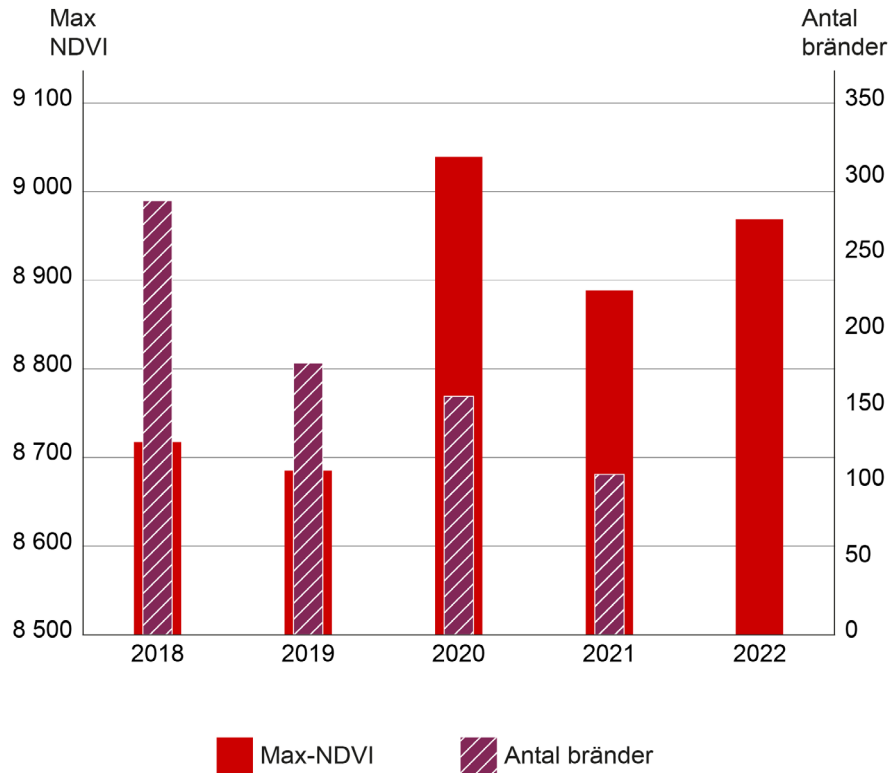
**Tabell 8.** Lista över kontrollpunkter i längs testområde ledningsgata. Tabellen visar hur de olika kontrollpunkterna utvecklas över tid.

Punkt	Klassning	2021-05-29	2019-04-24	2017-05-19	2015-05-24	2013-06-03	2011-04-28	Kommentar
1	Gräs	Sly	Brunt gräs	Lägre sly, låg veg., mindre gräs	Gräs få buskar	Hög sly buskar frodigt	Brunt gräs	-
2	Gräsinslag av ris	Ris med inslag av sly	Ris med inslag av sly	Ris med inslag av sly	Ris med inslag av sly	Heltäckande sly	Ris	Procentsats av ris och gräs
3	Gräsinslag av ris	Busk, ris, gräs liggande	Busk, ris, gräs liggande	Busk, ris, gräs liggande	Avverkad sly	Hög sly (bara)	Busk, ris, gräs liggande	100 ris
4	Ris	Ris och uppväxt sly	Ris och lövfri sly	Ris och in-växande sly	Ris och gräs ev. örnbräken	Hög sly och ris	Ris och lövfri sly	100 ris
5	Gräs	Brunt gräs och ris	Ris gräs, örter och skuggor	Ris/gräs/ uppväxande sly	Ris och gräs/ avverkad sly	Gräs och sly	Brunt gräs och ris	Gräs och ris/ris under sly, procentsats av ris under gräs
6	Ris	Ris och bladfri sly	Ris och bladfri sly	Ris med växande sly	Avverkat övervägande ris	Övervägande sly lite ris	Ris med inslag av sly	100 ris, ris som innan röjning blir överlagrat med sly
7	Ris	Ris	Ris	Ris	Ris	Ris	Ris	100 ris, påverkas ej av röjningscykeln
8	Gräs	Sly med underliggande gräs	Brunt liggande gräs/lövfri sly	Gräs och ris	Ris under sly	Fuktigt och mycket sly	Fuktigt och brunt gräs	100 gräs i klassningen svår att tolka men våtmark som sträcker sig in i testytan
9	Gräs	Hög sly/ liggande material	Gräs med lövfri sly	Återväxt av sly	Avverkat liggande material	Hög sly	Brunt gräs	100 gräs, kraftigt påverkad av röjningscykeln
10	Gräs	Lövbusk sly	Lövfri sly och brunt gräs	Lövfri sly	Buskvegetation/sly, ej avverkad efter röjning	Hög och tät slyvegetation	Lövfri buskvegetation och brunt gräs	Extrayta på grund av avvikande mönster i röjningscykeln – 100 gräs i klassning
11	Gräs med inslag av ris	Ris och växande sly	Ris och lite sly	Ris och brunt gräs	Ris/gräs / avverkat/ buskar ev. örnbräken	Ris och högre sly	Gräs med inslag av ris	Blandade pixlar
12	Gräsinslag av ris	Mindre sly	Tidigt på säsong/ buskskelett	Gräs/sly på tillväxt	Avverkat/ gräs	Sly med lite gräs	Gräs/lövfri sly	Berg som klassats som gräs/ört som klassats

## Ledningsgatans brandbenägenhet

Ett initialt försök att koppla brandbenägenhet mot NDVI gjordes grovt för hela granulen där antalet bränder i öppen vegetation ställs mot max-NDVI, figur 22. Eventuellt kan man koppla det stora antalet bränder under åren 2018 och 2019 till ett lägre max-NDVI vilket skulle kunna kopplas till att det var varma år med torrare vegetation (Granström, 2019).

**Figur 22.** Max NDVI plottat mot antalet bränder i granul 33VWD.





# **Diskussion och slutsatser**

# Diskussion och slutsatser

Genom att på ett robust sätt kunna klassificera vegetationen i den öppna marken under mask till ris, buskar och gräs har det varit möjligt att avgränsa öppna gräsytor vilket använts till fördjupad brandanalys.

Signalen från NDVI är för svag för att kunna identifiera ett omslag, tröskel eller platå över tid. Detta kan bero på att det är många olika typer av gräsmarker, NDVI är en relativt svag signal som påverkas av flera olika faktorer såsom vegetationens sammansättning och dess förmåga att hålla vatten.

SENSAGRI testades som ett komplement till NDVI-analyserna och i SENSAGRI-data kan man identifiera säsongsslut med ett konstant omslag till grönt för många av de analyserade zonerna. Omslaget från brunt till brun/grönt och ”osäkert till grönt” sker ofta i anslutning till det framräknade avslutet av gräsbrandssäsongen GDD MSB.

I option 1 har analysen fördjupats kring gräsmarker och andra dataset såsom NMD och BBK. Slutsatsen är att en viss del av öppna marken är bekräftat grön i maj och den större delen i juni. De klasser i den öppna marken (enligt BBK) där störst del av omslaget sker är HE 3 – Hygge, öppen mark med låga träd eller buskar, GS 1 – öppen vegeterad mark hävdad och GS 2 – öppen vegeterad mark ej hävdad.

I option 2 har en omfattande analys för att identifiera samband mellan bränder i anslutning till järnvägsspår och andra parametrar såsom lutning i anslutning till spåret, marktäckeslag och potentiella inbromsningssträckor. På grund av den begränsade kvaliteten i positioneringen av branddata är det svårt att dra några slutsatser mellan geografiska data och uppkomna bränder.

Ledningsgator är komplexa i både morfologi och de har en stor variabilitet över säsong och tid. De kan både agera som spridare eller begränsare av skogsbrand. Då de skär genom landskapet mellan stolpar från punkt A till B så kan marktypen variera både inom och vid sidan av kraftledningsgatan. Ett sätt att hantera ledningsgator kan vara att lyfta ut dem ur karteringar som ett attributlager och kartera dem utifrån vegetationens utveckling under året och under den fleråriga röjningscykeln för att på så vis bättre kunna planera och agera utifrån den varierade brandrisken som föreligger under de båda parallella cyklerna.

Sammanfattningsvis, genom att förbättra karteringen kan mer detaljerade analyser genomföras, komplexiteten ligger i att kunna förmedla och visualisera resultat från analysen. Därav föreslås att lyfta ut viss information som attributlager eller ta fram information som utvecklas över tid i uppdelade tidsperioder över året.

**| Nästa steg**



# Nästa steg

Ett omfattande utvecklingsprojekt genererar även en god utblick för vidare utvecklingsinsatser inom området. För att vidare formulera lämpliga steg för vidareutveckling har vi delat förslagen i utvecklingssteg i närtid samt långsiktiga utvecklingssteg. Utvecklingssteg i närtid innebär lösningar som testats och kan genomföras på bred front eller områden där tydligt gynnsamhet för kartering av brandbenägenhet identifierats, det vill säga där mindre utvecklingssteg kan leda till tillförlitliga resultat.

## Nästa utvecklingssteg

- Finfördelning öppen mark NMD-produktion, koppla till brandbenägenhet:
  - Genom att finfördela öppen mark inom NMD-produktion så kan även BBK gynnas av en mer detaljerad kartering av den öppna marken.
- Fördjupa SENSAGRI-analysen:
  - Då NDVI-signalen var för svag för att identifiera ett omslag från torrt fjolårsgräs till friskt årsgräs verkar SENSAGRI:s kartering av brun och grön vegetation vara en mer lämplig parameter för att identifiera det eftersökta omslaget. Detta kräver dock en fördjupad analys av användningen av SENSAGRI-data och där SENSAGRI:s programvara bör göras tillgänglig för MSB.
- Fältkampanj: omslag av gräs / validering av ris och gräs / fältinventering av ledningsgator och angränsande mark till tågspår:
  - En genomgående brist för denna typ av projekt är bristen på valideringsdata. Mycket validering går att genomföra med hjälp av referensdataset och ortofoton. Dock skulle till exempel gräsets omslag behöva observeras under pågående gräsbrandssäsong.
- I stället för att inkorporera alla vegetationstyper som klasser i brandbränslekartan kan vissa klasser av särkaraktär läggas som ett attributlager, till exempel gräsmarker som har en koncentrerad brandsäsong till skillnad från skogsbrandssäsongen.

- Att fördjupa arbetet med ris är viktigt för att identifiera kraftigt brandbenägna arter.
  - Det kan göras genom att fördjupa sig i olika arter. Utöver detta kan modellen som klassar ris och gräs identifiera andelar av ris och gräs. Denna information bör analyseras hur den kan användas för att kunna öka noggrannheten i kartering av brandbenägenhet.
  - Ett geografiskt data-skikt som visar genomgående ris, underliggande ris eller andel ris som potentiella brandspridare mellan andra ytor.

## Potentiella långsiktiga utvecklingssteg

- Genom att identifiera specifika risktyper för brandmodellering kan fokus läggas på att försöka klassa fram dessa specifikt. Ett exempel kan vara att försöka att identifiera ristyper med specifikt hög brandbenägenhet såsom ljung, viden och örnbräken.
- Ledningsgator skulle kunna läggas som ett attributlager med en tidsstämpel för avverkning, utifrån detta kan man uppskatta vart i röjningscykeln ledningsgatan befinner sig. Detta kan kopplas till olika vegetationstyper i ledningsgatan och hur den utvecklas över tid.
- Fördjupa arbetet med utveckling över tid, identifiera olika brandsäsonger, vilka som är statiska och vilka som förändras över tid. Hur vegetation utvecklas över brandsäsongen. Till exempel att man kan hantera grässkiktet som ett riskobjekt mellan snösmältning och gräsbrandsäsongsslut.
- Genom att fördjupa kunskapen om brandspridningsmodeller kan data från vegetationsanalyser anpassas till indatabehov. Kopplingar kan behöva anpassas till val av brandspridningsmodell.
- AI-modeller kan idag göra en god klassificering av ris och gräs inom den öppna marken. Att kvalitetssäkra dessa resultat samt hur de kan utvecklas för att separera fuktighet, arter samt följa utveckling över tid bör arbetas vidare med.



# **| Referenser**

# Referenser

Agenda för Landskapet (2021) *Agenda för landskapet* <https://www.vinnova.se/pl/agenda-for-landskapet2/>.

Amin, E., Verrelst J., Rivera-Caicedo J.P., Pasqualotto N., Delegido J., Ruiz A. Verdu, Moreno, J. (2018) *The SENSGRI Sentinel-2 LAI green and brown product: from algorithm development towards operational mapping*, *Igrass*. [https://leoipl.uv.es/sensagri/ftp/DISSEMINATION/UVEG\\_IGARSS2018\\_LAI.pdf](https://leoipl.uv.es/sensagri/ftp/DISSEMINATION/UVEG_IGARSS2018_LAI.pdf).

Granström, A., (2019) *Brandsommaren 2018, vad hände och varför?* SLU för Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap, Karlstad, 2019.

Metria (2022) *Vidareutveckling av brandbränslekartan i öppen mark*, Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap, Karlstad 2022.

Sjöström, J., Granström, A., Jansson, A., Böhlin, J. (2022) *En ny modell för gräsbrandsfara i Sverige*, 2022. ISBN: 978-91-7927-121-3.

Svenska kraftnät (2022) *Underhåll av transmissionsnätet*, Underhåll av transmissionsnätet | Svenska kraftnät ([svk.se](http://svk.se)).

## Indata

IDA-MSB (2022) *MSBs statistik och analysverktyg IDA: Uttag bränder i skog och mark 2016–2021*, Beställd: 2022-09-27 <https://ida.msb.se/ida2#page=3d-635cdf-e7eb-4f49-b579-9612fb44c941>.

NMD v.1.1 (2018) *Naturvårdsverket Nationella Marktäckedata (NMD)*. Hämtad 2022-12-01 från <https://www.naturvardsverket.se/verktyg-och-tjanster/kartor-och-karttjanster/nationella-marktackedata/>.

BBK (2020) *MSBs brandbränsleklassificering*. Hämtad 2022-09-30. <https://msb-bbk.metria.se/>.

NJDB (2022) *Trafikverkets järnvägsdatabas (NJDB)*. Hämtad 2022-11-01 <https://lastkajen.trafikverket.se/login>.



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 [www.msb.se](http://www.msb.se)

Publ.nr MSB2227 – september 2023 ISBN 978-91-7927-413-9