



En analys av vildrenars, fårs och kronhjorts nyttjande av saltstensplatser på norska fjäll i relation till avmagringssjuka (CWD)

The influence salt stone sites have on the potential spread of CWD among wild reindeer, red deer and sheep in the Norwegian highlands

Cecilia Johansson

Examensarbete i biologi • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa
Etologi och djurskydd - kandidatprogram
Uppsala 2021



En analys av vildrenars, fårs och kronhjorts nyttjande av saltstensplatser på norska fjäll i relation till avmagringssjuka (CWD)

The influence salt stone sites have on the potential spread of CWD among wild reindeer, red deer and sheep in the Norwegian highlands

Cecilia Johansson

Handledare: Jens Jung, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Examinator: Maria Andersson, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0867

Program/utbildning: Etologi och djurskydd - kandidatprogram

Kursansvarig inst.: Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Viltkamera (NINA)

Nyckelord: Avmagringssjuka, CWD Norge, vildren, kronhjort, tamfår, miljösmitta, saltstensplatser, viltkamera, maskininläring

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Abstract

A common practice in Norway is to let sheep, goats and cattle roam freely in the mountains during summer. They are provided with salt licks, which is mainly done by farmers having sheep on summer pasture. Salt licks' potential effect on spread of disease has been questioned in a larger context in Norway since 2016, when the first case of chronic wasting disease (CWD) was discovered in a population of wild reindeer. CWD is a prion disease that mainly affects deer, it spreads in the nervous system, it causes brain damage, emaciation and eventually death. The wild reindeer in Norway is the last of the population in Scandinavia and most of the whole population in northern Europe. It is important to understand their migration pattern and behaviours to understand the spread of the disease. This study was conducted to investigate the wild reindeer's behaviours performed at the salt licks to evaluate the risk of being infected or spread CWD. Sheep, reindeer and red deer were part of the study to evaluate the overlap of habitat usage between the species, since this is believed to lead to interspecies transmission of CWD, even if the transmission routes need to be further investigated. By creating a machine learning model, this project analysed > 500 000 pictures from 34 camera traps in four different parts of the Norwegian highlands: Nordfjella, Dovrefjell, Knutshø and Forollhogna. The results showed that during the period May-October visits of wild reindeer, sheep and red deer overlapped at 27 of total 34 cameras. The behavioural study of reindeer made clear that they perform the behaviour grazing/head to the ground most frequent at the salt licks. It needs to be further investigated if removing the salt licks for sheep is an alternative for the future to stop spread of CWD and how that affects all animals in the highland.

Keywords: *Chronic wasting disease, CWD Norway, wild reindeer, CWD Cervidae, sheep, red deer, camera traps, animal recognition*

Innehållsförteckning

1. Inledning	11
1.1. Vad är avmagringssjuka och hur sprids det?	11
1.2. Vildrenens utbredning med fokus på Norge	12
1.3. Vildrenens levnadssätt	13
1.4. Djurslag på norska fjällen som nyttjar saltstenarna	14
1.5. CWD hos vildren i Nordfjella och Hardangervidda.....	15
2. Syfte & frågeställningar.....	17
3. Material & Metod	18
3.1. Material.....	18
3.1.1. Studieort.....	18
3.1.2. Kamerafällor & bildmaterial	19
3.1.3. Mjukvaran.....	20
3.2. Metod.....	21
3.2.1. Studiedesign.....	21
3.2.2. Etogram.....	22
3.2.3. Dataanalys.....	22
4. Resultat.....	24
4.1. Spridningen av saltstensbesöken mellan arterna under perioden maj- oktober 24	24
4.2. Summa bilder av vildren, hjort och tamfår vid varje kamera och fjäll.....	26
4.3. Spridningen av saltstensbesöken under ett dygn	29
4.4. Beteendeobservation av vildren på Knutshøe.....	30
5. Diskussion	32
5.1. Saltstenarnas inverkan på överlappning av habitat hos tamfår, vildren och kronhjort 32	32
5.2. Arternas mineralbehov & skillnader i dygnsrytm.....	33
5.3. Vildrenens beteende vid saltstensplatser	34
5.4. Förhållandet till hållbarhet & etik.....	35
5.4.1. Vildrenens påverkan på ekosystemet.....	35
5.4.2. Den mänskliga påverkan på spridningen av CWD	35

5.4.3.	Möjliga effekter i samhället.....	36
5.5.	Bearbetning och analys av bildmaterial.....	37
5.5.1.	Mjukvaran.....	37
5.5.2.	Studiedesignens för- & nackdelar.....	37
5.6.	Studiens användbarhet & framtida forskning.....	39
5.7.	Litteraturens styrkor & svagheter	40
6.	Slutsats	42
7.	Referenser.....	46

Tabellförteckning

Tabell 1. Etogram över beteenden som registrerades i studien samt kriterier till dessa.....	22
---	----

Figurförteckning

Figur 1. Den totala summan ren-, får- och hjortbilder från samtliga 20 kameror på Nordfjella från år 2018–2020, under perioden maj-oktober.....	24
Figur 2. Den totala summan ren-, får- och hjortbilder från samtliga två kameror från Dovrefjell från år 2018–2020, under perioden maj-oktober.....	25
Figur 3. Den totala summan ren-, får- och hjortkodade bilder från samtliga 6 kameror på Forollhogna från år 2016–2020, under perioden maj-oktober.....	25
Figur 4. Den totala summan ren-, får- och kronhjortsbilder från samtliga 6 kameror på Knutshøe från år 2018–2020, under perioden maj-oktober	26
Figur 5. Summa ren-, hjort- och fårbilder vid varje aktuell kamera på Nordfjella under 2018–2020.....	27
Figur 6. Summa av ren-, hjort- och fårbilder vid varje aktuell kamera på Dovrefjell under 2018–2020.....	28
Figur 7. Summa av ren-, hjort- och fårbilder vid varje aktuell kamera på Knutshøe under 2018–2020.....	28
Figur 8. Summa av ren-, hjort- och fårbilder vid varje aktuell kamera på Forollhogna under 2016–2020.....	29
Figur 9. Diagram över den procentuella spridningen av saltstensbesök under ett dygn under maj-okt för ren, får och kronhjort från samtliga fjäll, data från 2016 till 2020. För siffrorna i x-led motsvarar 1 klockslaget 01:00 och 24 motsvarar 00:00.....	30
Figur 10. Procentuella fördelningen av vildrenars beteende utförda på Knutshøe under 2019 vid kameraplats 5, 9 och 10.....	31

Förkortningar

CWD	Chronic wasting disease
VKM	Vitenskapskomiteen for mat og miljø
NINA	Norsk insitutt for naturforskning
NSG	Norsk Sau og Geit

1. Inledning

1.1. Vad är avmagringssjuka och hur sprids det?

Avmagringssjuka, chronic wasting disease (CWD), är en dödlig neurodegenerativ prionsjukdom som drabbar djur av hjortsläktet (SVA, 2020). CWD hör till en grupp prionsjukdomar som även kallas transmissibla spongiforma encefalopatier (TSE). Namnet härstammar från att sjukdomarna är överförbara hjärnsjukdomar med tvättsvampslänkande förändringar (Socialstyrelsen, 2021). Denna grupp inkluderar även scrapie hos små idisslare, BSE hos nötkreatur och Creutzfeldt-Jakobs sjukdom hos människor (SVA, 2020).

CWD går under Epizootilagen (1999:657) och är därför anmälningspliktig. Sjukdomen är inte klassad som Zoonos men risken att människor kan smittas av CWD är inte möjlig att utesluta helt, även om den är bedömd som mycket låg (SVA, 2020; Jordbruksverket, 2021; VKM, 2021).

CWD-smitta kännetecknas av en felveckning av värd-kodade prionproteiner (Socialstyrelsen, 2021). De felveckade proteinet kan inte brytas ned naturligt utan transporteras runt i kroppens nervsystem, de konverterar andra proteiner till felveckning och ansamlas till slut i hjärnan (Socialstyrelsen, 2021). Det leder till nervcellernas successiva död och förstörelse av hjärnans funktioner (Socialstyrelsen, 2021).

CWD upptäcktes hos hållen åsnehjort (*Odocoileus hemionus*) i Colorado 1967 (Williams & Young, 1980). Första fallet av hos vild hjort uppmärksammades inte förrän 1981, även detta i USA (Williams & Young, 1992). Prionsjukdomen har idag spridits till 25 stater i USA och genom försäljning av kronhjort även till tre provinser i Kanada samt via export av levande hjortdjur till Sydkorea (Kim *et al.*, 2005; Uehlinger *et al.*, 2016).

I mars 2016 uppmärksammades det första fallet av CWD i Europa, hos en skjuten vildren i Nordfjella, Norge (Benestad *et al.*, 2016). Det var inte bara första gången sjukdomen påvisades i Europa utan även första fallet av naturlig CWD upptäckt hos ren globalt (Benestad *et al.*, 2016). Den nordamerikanska vildrenen, har fortsatt aldrig blivit diagnoserad med CWD (Benestad *et al.*, 2016: VKM, 2021).

Prionsmittan sker via kroppsvätskor direkt mellan djur eller genom miljösmitta då prioner från kroppsvätskor eller avföring från smittade djur kan överleva i miljön och smitta andra individer (Johnson *et al.*, 2007).

Det finns två typer av CWD-prioner, vilka båda har identifierats i Norge (Jarnemo *et al.*, 2019; Våge, 2020). Den sorten CWD som är smittsam kallas för klassisk CWD och är den varianten som upptäckts hos hjortdjur i Amerika, Korea och hos vildren i Norge (Våge, 2020; Jarnemo *et al.*, 2019). Utöver den finns atypisk CWD som tros ske spontant hos äldre djur utan att smitta mellan individer. Fall av CWD som upptäckts hos älg och kronhjort i Sverige, Norge och Finland klassas till den sporadiska atypiska och icke smittsamma varianten av CWD (Jarnemo *et al.*, 2019; Våge, 2020).

Hur lång inkubationstiden är efter att ett djur blivit smittat av klassisk CWD är inte klarlagt, sjukdomen är upptäckt hos ren så nyligen att dess fulla effekt inte går att uppskatta än (Mysterud & Edmunds, 2019). Även hos hjortdjur i Nordamerika där smittan studerats längre är varken inkubationstid eller spridningsmönster inom och mellan arter fullt klarlagda ännu (Uehlinger *et al.*, 2016; Mysterud & Edmunds, 2019; Jarnemo *et al.*, 2019).

I en sammanställning av CWD-situationen i Nordamerika skriver Mysterud och Edmunds (2019) att den vanliga inkubationstiden hos hjortdjur anses vara mellan 1,5 och 2,5 år. Författarna understryker dock att det kan handla om mycket längre tid än så och att både inkubationstiden och spridningshastigheten skiljer sig mellan olika arter.

Fokus i detta arbete har främst riktats på vildren i Norge på grund av deras bevarande- och kulturella status men framför allt för att det fortfarande är den enda art i Europa som uppvisat smitta av CWD. Tamfår har sin del i analysen på grund av sin potentiella roll i smittspridningen och att det till störst del är på grund av tamfår som saltstenar sitter upp på norska fjäll. Kronhjort har tagits med i analyser eftersom de har visats mottagliga för smitta av CWD i Amerika och på grund av deras genetiska likhet med vildren.

1.2. Vildrenens utbredning med fokus på Norge

På grund av tamrenskötselns intensifiering under senaste millenniet och snabbare klimatförändringar har de vilda renbeståndet på många platser i världen minskat (Nordenram, 1997; Vors & Boyce, 2009). De sista flockarna av vildren i Sverige, vilka är ursprunget till den domesticerade ren som hålls i Sverige idag (NE, 2021a), sköts redan omkring 1880 (Artfakta, 2021).

Alla renar i Eurasien och Nordamerika, oavsett ursprung och om de ses som tama eller vilda, hör till samma art, *Rangifer tarandus* (Gunn, 2016; Artfakta, 2021).

Den norska vildrensstammen är den sista som härstammar från den skandinaviska vildrenen och Norge förvaltar mer än 90 % av den totala europeiska vildrenstammen (resterande finns i Ryssland). Vildren är även upptagen i Bernkonventionens skydd av europeiska vilda djur och växter samt deras naturliga livsmiljöer¹. Norge har därför ett ansvar för bevarandet av vildren i Europa (Jordhøy *et al.*, 2003) och stammen kontrolleras noggrant av myndigheterna och studeras av både forskare och jägare (Nordenram, 1997).

Den norska vildrenen var historiskt sett uppdelad i två till tre större populationer, de genomförde långa säsongsvandringar längs traditionella korridorer som sammanlänkade olika bergssystem (Skogland, 1986). Idag är vildrenstammen i Norge uppdelad i 24 mer eller mindre avskilda områden i landets södra fjällområde (Villrein.no, 2021b).

Det totala antalet vildrenar i Norge är omkring 25 000 djur (vintertid) (Villrein.no, 2021b) och populationen bedöms av norska artsdatabanken (2021) som livskraftig. Dock påpekar artsdatabanken i sin bedömning att på grund av de isolerade 24 delbestånden och minskningen av vildrenens traditionella vandringsleder kan bevarandestatusen på sikt komma att påverkas (Panzacchi *et al.*, 2013a). Stiftelsen Norsk Villreinsenter skriver även att fjällrenen i Norge kan komma att klassas som nära hotad i nästa rödlista som utkommer senare i år (Villrein.no, 2021a).

1.3. Vildrenens levnadssätt

Vildren lever i flockar som kan variera från några tiotal djur till flera hundra eller tusentals (Bevanger, 2016). På grund av sitt nomadiska levnadssätt är vildrenen under hela sitt normalt upp till 18-åriga liv beroende av stora sammanhängande fjällområden för att kunna säkerställa bete året runt (Bevanger, 2016; Hjortevilt, 2021). Flocksammansättningen skiftar under året på grund av klimatet och den varierande tillgången på föda. En större grupp djur klarar sig bättre från rovdjur samtidigt som betesmöjligheterna försämras, vilket förklarar varför de största flockarna av vildren ses under sommaren då tillgången på bete är hög (Bevanger, 2016; Hjortevilt, 2021). Ju svårare det är för renen att hitta tillräckligt med föda desto större kommer spridningen av individer bli i mindre grupper (Nordenram, 1997).

Variationen i vildrenens diet är beroende av hur stort utbudet av växter är och den anpassar sig därefter för att få i sig så mycket energi som möjligt, de är så kallade selektiva födosökare (Skogland, 1984). Under sommaren äter vildrenen därför främst av den allra spädaste växtligheten med högt näringsinnehåll

¹ The European convention on the conservation of european wildlife and natural habitats (ETS 104), Bern, 19/09/1979.

(Skogland, 1984; Bevanger, 2016). Under sen höst flyttar vildrenen mot vinterbetet allt efter att växtligheten vissnar (Nordenram, 1997). När snön fallit och blivit så djup att inga kala fläckar finns att hitta nyttjar vildrenen sin unika anpassning till fjällmiljön och luktar sig till och gräver fram lav under snön (Nordenram, 1997; Bevanger, 2016).

Det är inte ovanligt att vildrenar som inte lyckats bygga upp tillräckligt med fettreserver under vår och sommar avlider under en svår vinter (Nordenram, 1997). De renar som klarar vintern har ofta näringsbrist på våren på grund av den låga halten mineraler, näring och energi de får från att till största del beta lav (Bevanger, 2016).

Vildrenens natriumbalans upprätthålls genom dess selektiva födobeteende och intag av växtlighet i närhet till hav eller sjö, havsvatten, jord eller sten och berggrund med extra högt mineralinnehåll (Staaland, 1986). De kan färdas långt för att få tillgång på mineraler vilket tros vara en viktig del i vildrenens migrationsmönster (Staaland, 1986). Renar kan även uppsöka och äta på fallna horn på marken eller av hornen på en annan levande ren för att fylla sitt mineralbehov (Bevanger, 2016; Myrsterud *et al.*, 2020).

Genomsnittligt ägnar vildrenar ungefär 50 procent av dygnet till födosöksbeteende och 40 procent till vila, omkring 2–9 procent går åt till vandring och 1–2 procent till sociala aktiviteter (Nordenram, 1997). Att vildren lever så långt norrut gör att deras dygnsrytm förändras under året, eftersom de endast har några veckor om året där dagen och natten är lika lång (van Oort *et al.*, 2007). Enligt flertalet studier (Eriksson *et al.*, 1981; Skogland, 1984; van Oort *et al.*, 2007) påverkar säsongsvariationer spridningen av vildrenens aktivitet. Vildrenens polyfasiska aktivitetsmönster innebär att de har flera olika faser under dygnet, toppar och dalar av aktivitet, exempelvis förflyttning eller födosökande, både under dagen och natten (Skogland, 1984; Eriksson *et al.*, 1981).

En studie av van Oort *et al.* (2007) visade att den norska vildrenen gick från att vara aktiv tre gånger på ett dygn under vintern till fem gånger under sommaren (van Oort *et al.*, 2007). Skoglands (1984) studie visade en ökning från 2 aktivitetstoppar på vinterbetet till 6 på sommarbetet. Studierna visade även på en allmän minskning av aktivitet hos både tama och vilda renar precis innan gryning och efter skymning (Eriksson *et al.*, 1981; van Oort *et al.*, 2007).

1.4. Djurslag på norska fjällen som nyttjar saltstenarna

På de norska fjällen betar, förutom vildren, även mycket får under sommarhalvåret då det i Norge finns en lång tradition av att ha främst får, men även getter och nötkreatur, på naturbete under sommaren (VKM, 2018; Skogland 1984). De flesta norska lantbrukare som nyttjar fjällbetet är med i överenskommelsen kallad *organisert beitebruk* som etablerades omkring 1970 (VKM, 2018). Lokalt

organiseras fårägarna i *beitelag* eller *sankelag* vilka sköter kooperativet (VKM, 2018). Saltstenar till djuren sätts upp dels för att de ska få god tillgång till mineraler, dels för att det är ett sätt för lantbrukarna att kontrollera inom vilka områden deras djur rör sig (VKM, 2018). Enligt norsk lag ska tillsyn av djuren göras minst en gång i veckan, vilket saltstensplatserna underlättar för (VKM, 2018).

Majoriteten av de frigående domesticerade idisslare som betar i den alpina zonen delar levnadsområde med ren (Mysterud, 2000).

Efter utbrottet av CWD i Nordfjella kom ny lagstiftning (lovdata.no, 2016) som förbjuder uppsättandet av saltstenar till hjortdjur. Detta har dels resulterat i instängsling av saltstensplatser avsedda för får med tanken att endast får ska komma åt dem (VKM, 2018).

Från hjortsläktet är det förutom vildren främst kronhjort som nyttjar saltstenarna i fjällområden i Norge, vilka från skillnad till vildrenen alla rör sig mot lägre belägna områden under vintersäsongen (Mysterud, 1999). Kronhjort har visats röra sig till högre belägna områden på sommaren, där betet har högt näringsinnehåll (Bischof *et al.*, 2012) och lägre områden under hösten och vintern på grund av att betet förlorar i näring och snön blir djupare (Rivrud *et al.*, 2016). Kronhjort undviker dock att vistas över trädgränsen, dels på grund av brist på skydd (Mysterud & Østbye, 1999).

Alla landdjur behöver salt för att upprätthålla mineralbalansen i kroppen, vilda hjortdjur har visat ha en stark attraktion till salter (Stockstad, 1953; Fraser & Reardon, 1980). Saltintag varierar och har flera olika funktioner hos olika arter och kön (Ayotte, 2006).

Fårens födorytm kännetecknas av en period betande som sedan resulterar i en period idisslande (Hofman, 1989). Med en viss skillnad mellan olika raser har får ett aktivitetsmönster med omkring tre toppar under ett dygn (Hofmann, 1989), med den första toppen i början av dagen för att sedan vara mindre aktiva och idissla tills senare eftermiddag innan de har en ytterligare topp. Får är som mest aktiva under dygnets ljusa timmar även om de uppvisar lite aktivitet under de mörka timmarna (Tobler *et al.*, 1991).

1.5. CWD hos vildren i Nordfjella och Hardangervidda

Upptäckten av CWD i Norge som skedde i Nordfjella zon 1 under 2016 ledde till stora utredningar och avlivning av hela beståndet på 2024 vildrenar mellan 2016 och 2018 (VKM, 2021). Totalt testades 19 djur positivt för CWD och av dessa var 13 tjurar och sex kor men inga kalvar och endast en 1,5åring (VKM, 2021). Sannolikheten för infektion hos de vuxna rentjurarna ökade med ökande ålder och tjurarna hade 2,7 gånger högre sannolikhet till att vara positiva för CWD än renkorna, sambandet är inte klarlagt (Mysterud *et al.*, 2019; VKM, 2021).

Inga nya uppmärksammade utbrott hos andra bestånd än det i Nordfjella skedde innan den 3 september 2020, då en vildren på Hardangervidda testades positivt för CWD (Våge, 2020). Detta förändrade och försvårade situationen i Norge avsevärt eftersom det inte längre handlar om en isolerad händelse i ett litet bestånd, vilket gör situationen svårare att kontrollera (VKM, 2021).

VKM har i sin rapport (2021) sammanfattat framtida förvaltningsstrategier för att undvika spridning inom vildrensbeståndet i området. Sannolikheten för att vildren utsätts för miljösmitta ses som störst vid saltstensplatser, kadaver av avlidna smittade djur, vid kontakt med slaktavfall och vid ställen där djur är tätt tillsammans (VKM, 2021).

Tidigare analyser av jordprover för parasiter visar att det är mycket mer tarmmask på saltstensplatser än utanför, vilket enligt VKM (2021) visar på att dessa platser är viktiga ansamlingsplatser för smittor som sprids fekalt och oralt.

Djur smittade av CWD kan genom, saliv, träck och urin avge CWD-prioner till naturen under en lång tid utan att visa några tecken på sjukdom och dessa prioner har visats smittsamma i miljön i många år. I en studie av Somerville *et al.* (2019) visades att infekterad och nedgrävd hjärnvävnad utsöndrar smittosamma halter prioner i minst 5 år. Laborrietester indikerar även att plantor som växer i prionförorenad jord kan lagra dessa prioner, växter nära saltstensplatser kan därför sprida prionerna till betande djur (Pritzko *et al.*, 2015).

2. Syfte & frågeställningar

NINA (Norsk institutt for naturforskning) har sedan första utbrottet av CWD i Norge (2016) viltkameror uppsatta på fjällområdena Knutshø, Forollhogna, Dovrefjell och Nordfjella, där ambitionen är större kartläggning av olika arters användande av saltstensplatserna (VKM, 2021), vilket detta projekt är en del av.

Det första målet med projektet var att sortera ett bildmaterial på 530 000 bilder, tillhandahållet av forskare via NINA, efter djurslag. Målsättningen var att skapa en kvantifiering av hur vildrenar, tamfår och kronhjort i områdena nyttjar de artificiella saltstenarna menade för tamfår. Syftet med sorteringen av bilderna var även att underlätta för NINA:s framtida analyser av materialet.

För att bearbeta de stora antalet bilder var ett delsyfte med projektet att testa möjliga alternativ för att sortera stora mängder bilder och skapa ett maskininlärningsramverk som på ett effektivt sätt skulle kunna sortera bildmaterialet efter djurslag, vilken även skulle vara applicerbar på framtida analys och forskning.

Vildrenens beteende vid saltstensplatserna på Knutshø observerades med målet att utvärdera vildrenens potentiella inverkan på spridningen av miljösmitta av CWD. Avsikten var att genom observation av renars riskbeteenden, dvs. beteenden som ökar risken för spridning av CWD, ge ett underlag för vidare diskussion av risken för smitta som individer utsätts för vid saltstensplatserna.

Frågeställningar

1. Överlappar kronhjort, tamfår och vildren i nyttjande av saltstensplatserna på Knutshø, Forollhogna, Dovrefjell och Nordfjella under perioden maj-oktober?
2. Hur skiljer sig dygnsrytmen av saltstensbesök under maj-oktober mellan kronhjort, tamfår och vildren på Knutshø, Forollhogna, Dovrefjell och Nordfjella?
3. Vilka riskbeteenden för att utsättas för miljösmitta av CWD utför vildrenar vid saltstensplatser på Knutshø? Till vilken frekvens utförs dessa?

3. Material & Metod

3.1. Material

3.1.1. Studieort

Bildmaterialet är från fyra skilda fjällområden vilka har sorterats och analyserats var för sig. I analysen av dygnsrytm för saltstensbesök (fig. 9) har dock data från alla fjäll sammanställts och för beteendestudien av vildren (fig. 10) har endast data från Knutshø kamera 5, 9 och 10 från år 2019 används. Valet av vilka saltstensplaster som blivit försedda med viltkameror är baserat på att det ska ge en god representation av miljön i hela området.

Dovrefjell

Dovrefjell är ett fjällområde i södra Norge beläget mellan fylkena Innlandet, Trøndelag samt Møre og Romsdal (NE, 2021b). Flertalet vägar som sammanlänkar södra och norra Norge går över Dovrefjell, vilket har resulterat i en fragmentering av vildrensområdet till flera mindre områden (NE, 2021b; Villrein.no, 2021c). Vildrenskomplexet benämns Rondane–Dovrefjell (Villrein.no, 2021c). Flera av fjälltopparna i området når över 2000 m ö.h. och högst är Snøhetta på 2 286 m ö.h. (NE, 2021b). Området är en nationalpark med namnet Dovrefjell-Sunndalsfjella och del av skyddsvärdet ligger i fjällfloran samt vildrenen och myskoxen som lever vilt här (NE, 2021b). Bildmaterialet från Dovrefjell tillhandahållet detta projekt kommer från två kameror utsatta vid saltstenar.

Knutshø

Knutshø vildrensområde har en area på 1776 km² och ingår i Rondane–Dovrefjell vildrenskomplex och vildrenen i Knutshø er en del av en större stam ursprunglig vild fjällren som höll till på och omkring Dovrefjell (Villrein.no, 2021d). Knutshø gränsar till Snøhettaområdet i väst, Rondane och Sølnekletten i söder och Forollhogna i nordöst (Villrein.no, 2021d).

Landskapet kännetecknas av rester från den senaste istiden med markerade strandlinjer längs breda sjöar, men området är även dominerat av runda,

vegetationsklädda klippor och breda dalgångar (Villrein.no, 2021d). Högsta toppen är Søndre Knutshø, på 1690 m ö.h. (Villrein.no, 2021d). De högsta partierna ligger i västra delarna medan det är ett mer flackt myrlandskap i öst (Villrein.no, 2021d). Bildmaterialet från Knutshø tillhandahållet detta projekt kommer från sex olika kameraplatser utspridda över fjället.

Forollhogna

Forollhogna vildrensområde är 1843 km² stort och ligger centralt i norra delen av Østlandet och södra delen av Trøndelag (Villrein.no, 2021e). Det gränsar till Knutshø i sydväst (Villrein.no, 2021e). Det högsta berget i området är Forollhogna-toppen på 1332 m ö.h. Stora delar av området ligger i den lågalpina zonen mellan 800 och 1100 m ö.h. med undantag för ett tjugotal toppar som sträcker sig över 1200 m ö.h. (Villrein.no, 2021e). Forollhogna präglas även av flertalet stora sjöar och vattendrag (Villrein.no, 2021e). Bildmaterialet från Forollhogna tillhandahållet detta projekt kommer från sex olika kameraplatser utspridda över fjället.

Nordfjella

Nordfjella har en starkt varierande topografi med dalar och stort inslag av högalpint fjällandskap (Villrein.no, 2021f). En betydande del av området ligger på en höjd över 1500 m ö.h och terrängen präglas av spetsiga toppar uppemot 1900 m ö.h. (Villrein.no, 2021f). I skuggbackarna till de högre topparna finns även stora glaciärer och snödrivor (Villrein.no, 2021f).

Nordfjella vildrensområde har en area på omkring 3000 km² uppdelat i zon ett och två (norr och söder om riksväg 50), vildrensbeståndet i zon ett är det som blivit avlivat till följd av CWD medan zon två fortfarande håller vildren (Villrein.no, 2021f). Bildmaterialet från Nordfjella tillhandahållet detta projekt kommer från 20 olika kameraplatser utspridda över fjället.

3.1.2. Kamerafällor & bildmaterial

Bildmaterialet tillhandahölls av ett forskarteam som jobbar för NINA. Data levererades dels via post på en extern hårddisk, dels via nedladdning från OneDrive. Insamling av bildmaterialet är en del av NINAs studie för att kartlägga överlappning av arter och användandet av saltstenarna i området. Viltkamerorna sitter fortfarande uppe på samtliga platser och data hämtas från dem kontinuerligt.

Viltkamerorna är av modellen Reconyx Ultrafire XP9 samt Browning Strike Force HD och de var programmerade till att ta bilder triggade av djurs rörelse med en paus på 3–5 minuter innan en ny bild togs. Reconyx-kamerorna var även programmerade till att ta en bild varje midnatt för att säkerställa att kameran fungerar och att dagar utan djurobserveringar inte var på grund av att kameran inte fungerade. Browning Strike-kamerorna hade dock inte denna funktion. Flertalet av kamerorna var programmerade till att ta bilder under vår, sommar och tidig höst

men korta videoklipp under vintern. Det varierade för de olika kameralokaliteterna om det endast var filmer på vintern eller om det var lite bilder och filmer. För detta arbete fick därför mycket av materialet från vintern sorteras bort, vilket resulterade i ett datamaterial främst från maj-okt samtliga år.

På grund av olika hantering av viltkamerorna på olika platser ser kameramaterialet något annorlunda ut, dels har inhämtningen av data skett på olika datum och varje kameraplats har inte samma mängd data. Allt bildmaterial är insamlat mellan 2016 och 2021 men summan bilder är inte densamma från alla år.

Bildmaterialet som tillhandahölls var totalt 529 664 bilder från 34 olika kameror.

3.1.3. Mjukvaran

Först skapades en översikt av vilka program för bildsortering som finns tillgängliga genom att söka genom databaser via Google Scholar, sökord som användes var: *animal recognition*, *ML software*, *cameratrapping*, *animal detector*. Det som framkom var att det finns gratis program som underlättar manuell sortering av viltkamerabilder, exempelvis TRAPPER (Bubnicki *et al.*, 2016) och Camelot (Hendry & Mann, 2018), men för att använda maskininlärning för att sortera hela bildmaterialet behöver en modell tränas upp.

Tillsammans med en person kunnig inom programmering skapades då ett program för maskininlärning som en Windowsapplikation i Windows Forms .NET 5, vilket är ett användargränssnitt med öppen källkod. Maskininlärningsramverket som användes var Microsoft ML.NET. Programmet tränades med hjälp av ML.NET Model Builder för att skapa en modell tränad på det aktuella bildmaterialet. I ett första steg valdes bilder ut manuellt från varje undermapp och kategoriserades efter djurslag, från varje fjäll, kamera, uppladdningstillfälle och från samtliga kategorier; tamfår, hjort, älg, ko, myskoxe, vildren, räv, hare, tomma bilder, människor. Totalt valdes 800 bilder ut.

Innan sorteringen med hjälp av det skapade programmet startade sorterades videoklipp bort, då programmet inte klarar att sortera dessa. Samtliga data är sorterad i mappar enligt: Fjällnamn > kameranummer > datum för inhämtning av data. Vissa mappar från uppladdningstillfällena innehöll endast videoklipp, så de valdes bort helt. Andra mappar var blandade med video och bilder, där sorterades videos bort innan processingen.

Bilderna sorterades sedan med hjälp av mjukvaran i mappar efter djurslag. Mapparna är namngivna på engelska för att ramverket är skrivet på engelska och mapparna den sorterade efter var: empty, human, hare, fox, deer, moose, reindeer, sheep, cow, muskox. Kategorin *deer* består till störst del av bilder på Kronhjort, vilket refereras till i texten. Dock har kategorin *deer* behållits på grund av att dessa bilder behöver genomgå ytterligare innan mappen med säkerhet inte även innehåller bilder på dovhjort och rådjur. Dessa arter skulle kunna sorteras ut från mappen *deer* efter ytterligare träning av programvaran.

Bilder utan djur var programmerade att hamna i en egen mapp namngiven *empty*. Programmet skapade mapparna med sorterade bilder på djur som undermappar till mappen *resultat*, vilka mappar som skapades beror på vilka djur som programmet detekterade på bilderna av de tio som är inlärd i mjukvaran. Fanns det inga bilder på exempelvis myskoxe från en kameraplats skapades aldrig denna resultatmapp.

Efter sorteringen extraherades metadata till varje bildanalys i form en CSV-fil som sedan öppnades i Excel.

3.2. Metod

3.2.1. Studiedesign

Etologisk studie av renarna från Knutshø

Mappen med bilder på renar skapad av programvaran från Knutshø valdes ut och analyserades genom manuell observation. För att kunna genomföra analysen inom ramarna för detta projekt behövde materialet avgränsas och renbilder från 2019 och kamera 5, 9 och 10 valdes ut. Urvalsstudien kan fungera som utgångspunkt för vidare analys av samtliga kameror och fjäll.

De numeriska värden som studerades var antalet vildrenar vid saltstensplatsen. Bilderna delades in i händelser och en ny observation/händelse räknades efter en paus på 10 minuter utan bilder. När det var flera bilder inom en händelse räknades dessa djur endast en gång på den bild där flest individer syntes, var det svårt att avgöra fick en estimering göras. Detsamma gällde för stora grupper med djur; gick det inte tydligt se exakt antal individer så uppskattades antalet.

Numeriska värden lagrade som metadata till bilderna var datum, tid och bildens ID-kod, vilka exporterades till Microsoft Excel. På bilden som valts ut för en händelse observerades antalet gånger samtliga beteenden utfördes, exempelvis fick en bild med 3 renar där alla slickade saltsten värdet 3 för just "Huvudet mot saltsten" (se avsnitt 3.2.2.). Individer särskildes inte efter kön eller ålder då det ansågs svårt att avgöra från bildmaterialet. Antalet totala utförda beteenden per bild motsvarande alltid antalet observerade individer per bild, gick det inte se vad en individ gjorde, eller om det inte var ett beteende i etogrammet antecknades det som "Okänt beteende". Bilderna på vildrenarna gick genom manuellt och alla resultat antecknades i en excelfil med kategoriseringen enligt etogrammet (tab.1).

Kvantitativ studie av vildren, kronhjort och får

Varje plats har efter sortering genom mjukvaran resultatmappar per djurslag, exempelvis ligger resultatet av sorterade bilder från Dovrefjell i en mapp enligt Dovrefjell > Resultat, där resultat i sin tur innehåller alla undermappar, beskrivet i rubrik 3.1.3.

Vildren, kronhjort och tamfår valdes ut för att dom vistas på norska fjället till högst grad, men även på grund av intresset för dessa arters roll i smittspridningen av CWD. I analysen antas att bildmaterialet är korrekt sorterat och utan att manuellt kontrollera samtliga bilder räknas en bild kodad till *sheep* som en bild på minst ett får.

3.2.2. Etogram

Etogrammet skapades med utgångspunkt för vad VKM i sin rapport (2021) klassat som riskbeteenden för smitta av CWD. Etogrammet är även baserat på en liknande beteendestudie, fast på kronhjort i Nordfjella av Sørum (2020).

Beteendena registrerades en gång för varje händelse som var en period på 10 minuter. För att beteende skulle registreras var renen tvungen att vara inom 10 meter från saltstenen, kallat studieområdet. Vart dessa gränser gick bestämdes för varje kameraplats okulärt innan analysen startade.

Tabell 1. Etogram över beteenden som registrerades i studien samt kriterier till dessa

Beteende	Kriterium
Huvudet mot saltsten	Har huvudet mot saltstenen eller plastsyddet kring saltstenen
Slickar sten/mark eller betar	Har huvudet sänkt mot marken, men inte mot saltstenen
Går eller står	Renen är inom studieområdet, synlig men utan att ha huvudet mot marken, saltstenen eller ligger ner
Ligger ner	Har kroppen mot marken med böjda ben
Okänt beteende	Övriga beteenden eller att djuret är inom studieområdet utan att det går se exakt vad det gör

3.2.3. Dataanalys

Efter att observationen var klar och alla resultat var antecknade i Microsoft Excel 365 användes Minitab version 19 för att beräkna deskriptiv statistik och genomföra analyser.

För att analysera det sorterade bildmaterialet i mapparna *sheep*, *deer* och *reindeer* gjordes en kvantitativ översikt av när djuren är vid saltstenarna och vilka

saltstenar de uppsöker. Antal bilder summerades för de tre djurgrupperna per månad, kameraplats och timme med hjälp av Minitab version 19. För spridningen av saltstensbesök över året gjordes ett diagram per fjäll (fig. 1–4) För besök av var djurgrupp för var kamera skapades även ett diagram per fjäll (fig. 5–8).

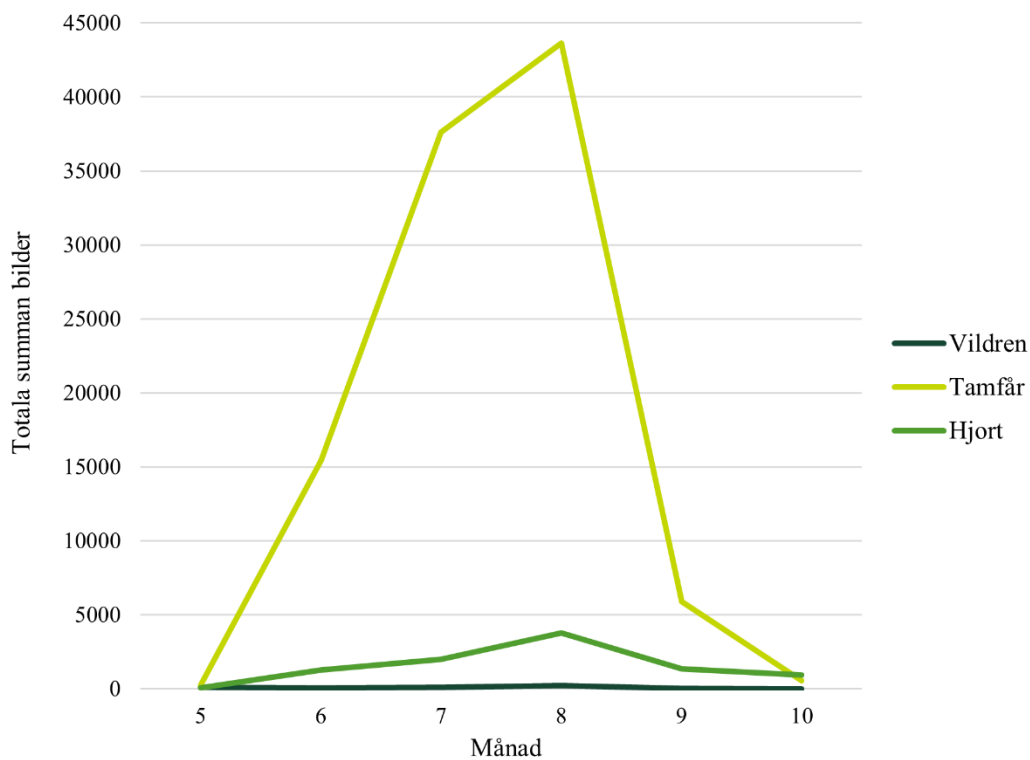
För en analys av dygnsrytmen för saltstensbesök sammanställdes data från alla fjäll i Excel, de summerades och delades in i kategorier efter vilken timme de var tagna med hjälp av Minitab. En bild tagen 04.53 och en tagen 04.03 räknades båda till timme 4, ett linjediagram med dessa data skapades i Excel (fig. 9).

Från beteendeobservation av ren på Knutshø skapades ett cirkeldiagram över fördelningen av observerade beteenden (fig. 10).

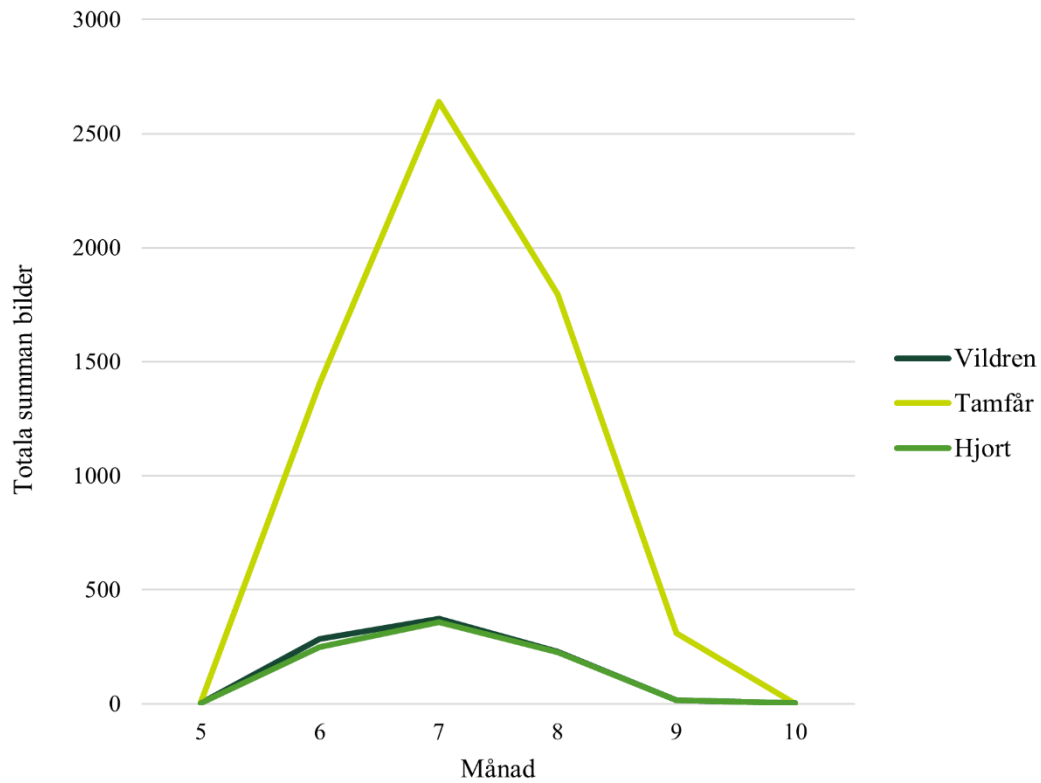
4. Resultat

4.1. Spridningen av saltstensbesöken mellan arterna under perioden maj-oktober

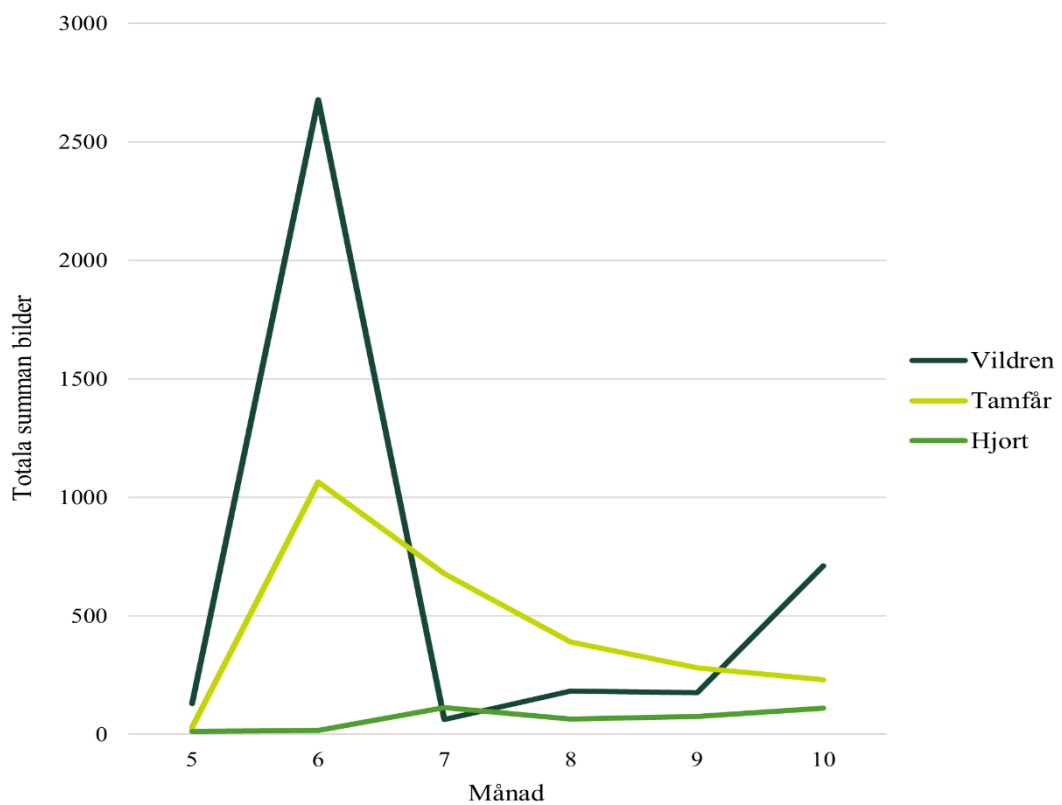
På Nordfjella, Forollhogna och Knutshø (fig. 1, 2, 4) var den största delen av bilderna tagna under mitten av sommaren, under juni till augusti. Forollhogna skilde sig något från resterande fjäll genom att ha ett större antal renbilder i juni och lägre i juli och augusti. På Dovrefjell, Nordfjella och Knutshø var bilder sorterade till mappen *sheep* överrepresenterande medan det från Forollhogna var mest bilder sorterade som vildren. På samtliga fjäll var det varje månad mellan maj till oktober bilder sorterade i alla tre grupper, vildren, tamfår och hjort.



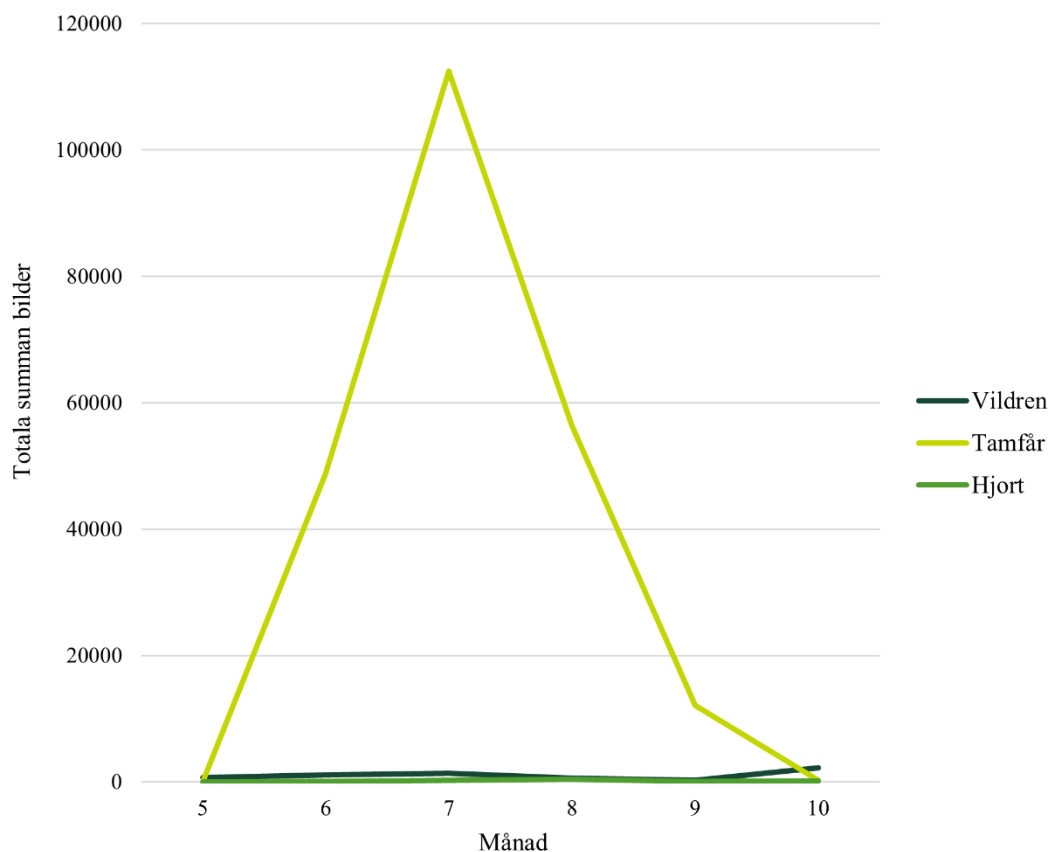
Figur 1. Den totala summan ren-, får- och hjortbilder från samtliga 20 kameror på Nordfjella från år 2018–2020, under perioden maj-oktober.



Figur 3. Den totala summan ren-, får- och hjortbilder från samtliga två kameror från Dovrefjell från år 2018–2020, under perioden maj-oktober.



Figur 2. Den totala summan ren-, får- och hjortkodade bilder från samtliga 6 kameror på Forollhogna från år 2016–2020, under perioden maj-oktober.



Figur 4. Den totala summan ren-, får- och kronhjortsbilder från samtliga 6 kameror på Knutshø från år 2018–2020, under perioden maj-oktober.

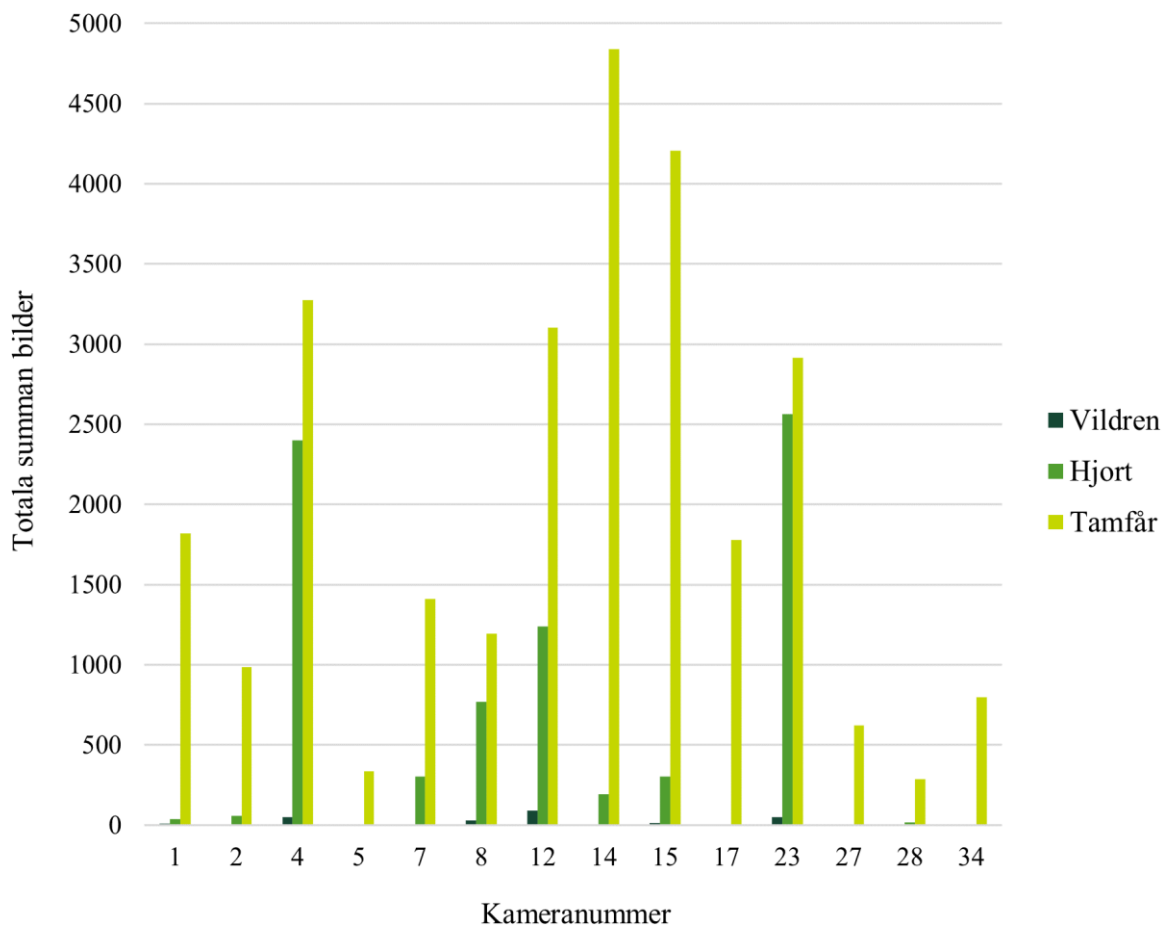
4.2. Summa bilder av vildren, hjort och tamfår vid varje kamera och fjäll

Samtliga kameror på alla fjäll hade bilder som av mjukvaran sorterade som bilder på får. På Nordfjella fanns bilder sorterade som hjort vid samtliga kameror, lägst antal var vid kamera 5 och 17 där antalet bilder var 7 och vid kamera 27 och 34 där antalet var 5. Bilder sorterade som vildren från Nordfjella fanns vid hälften av alla kameraplatser men det var inga vildrens bilder insamlade från kamera: 5, 6, 18, 21, 27, 28 och 34.

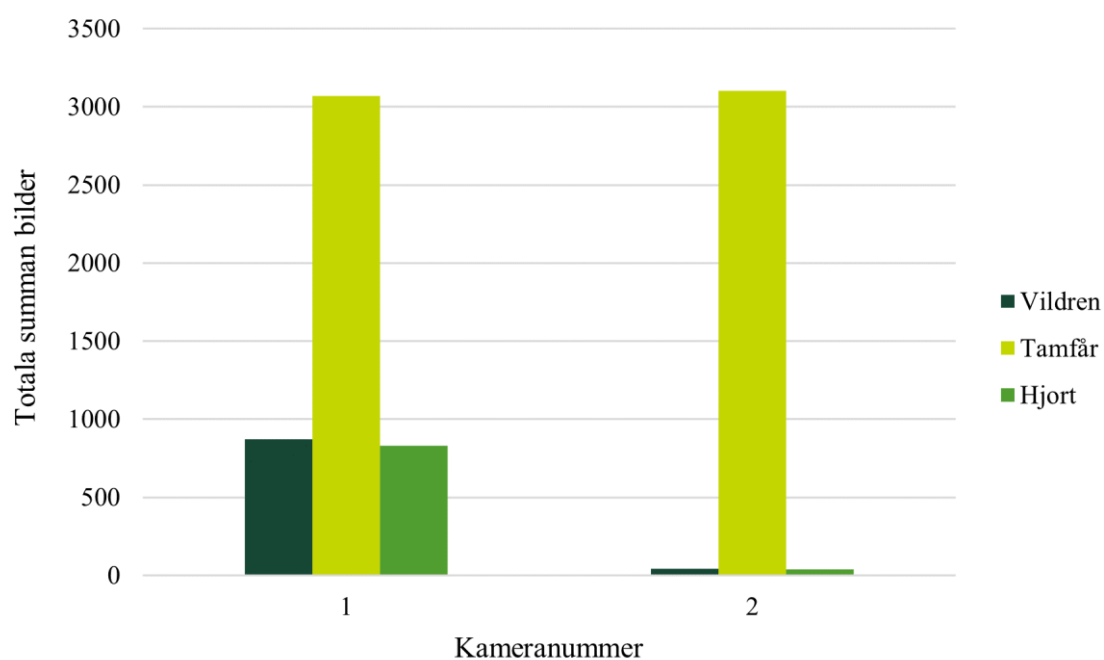
På Dovrefjell visade resultatet bilder sorterade som hjort vid båda kameraplatserna. Även bilder sorterade till vildren resulterade från både kamera ett och två även om antalet för kamera två var lägre (43 vildren och 37 hjort).

På Knutshø fanns bilder sorterade som hjort och vildren vid alla kameraplatser, lägst antal hjortbilder är från kamera 2 (87 bilder) och kamera 10 (66 bilder).

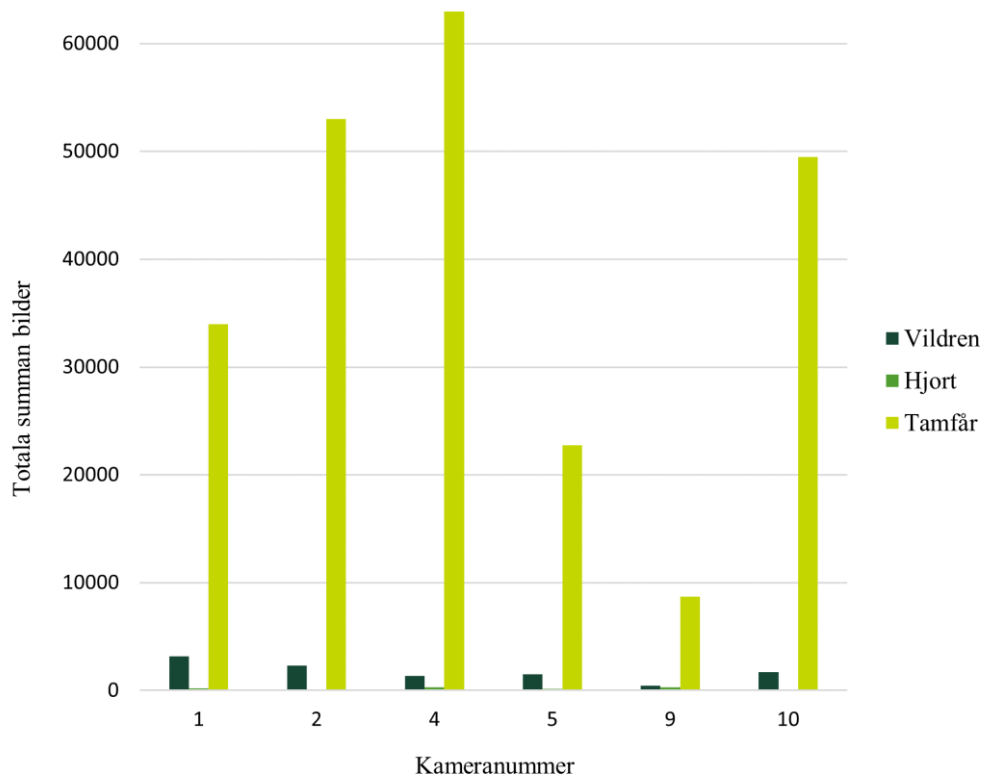
På Forollhogna fanns bilder sorterade som hjort vid kamera nummer 3, 5, 7 och 12 och bilder sorterade som vildren resulterade från alla kameraplatser.



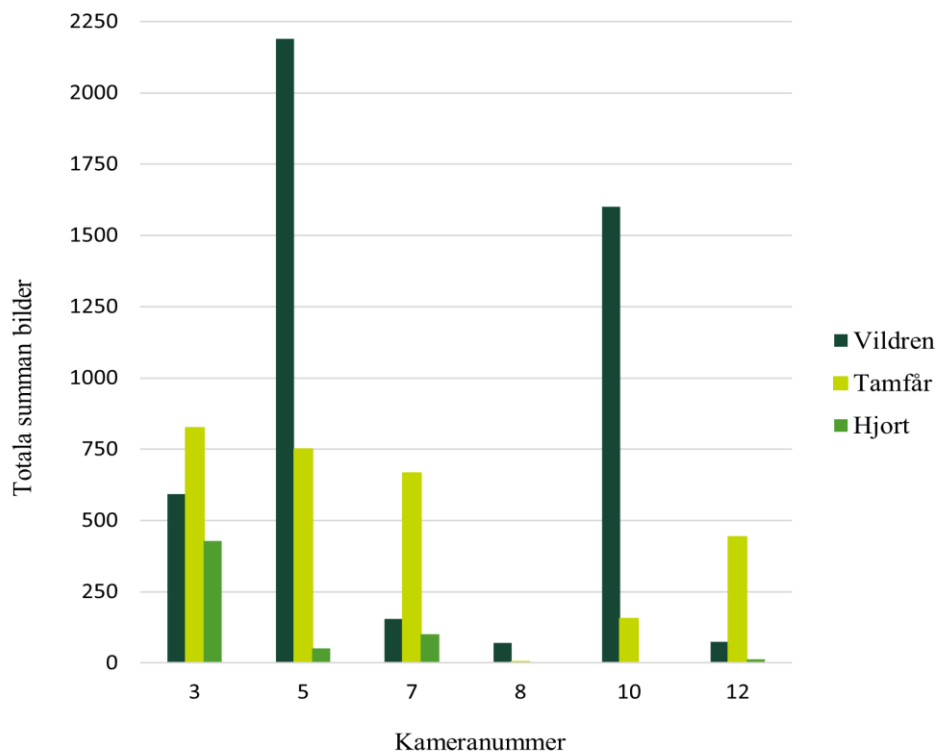
Figur 5. Summa ren-, hjort- och fårbilder vid varje aktuell kamera på Nordfjella under 2018–2020.



Figur 6. Summa av ren-, hjort- og fårbilder ved varje aktuell kamera på Dovrefjell under 2018–2020.



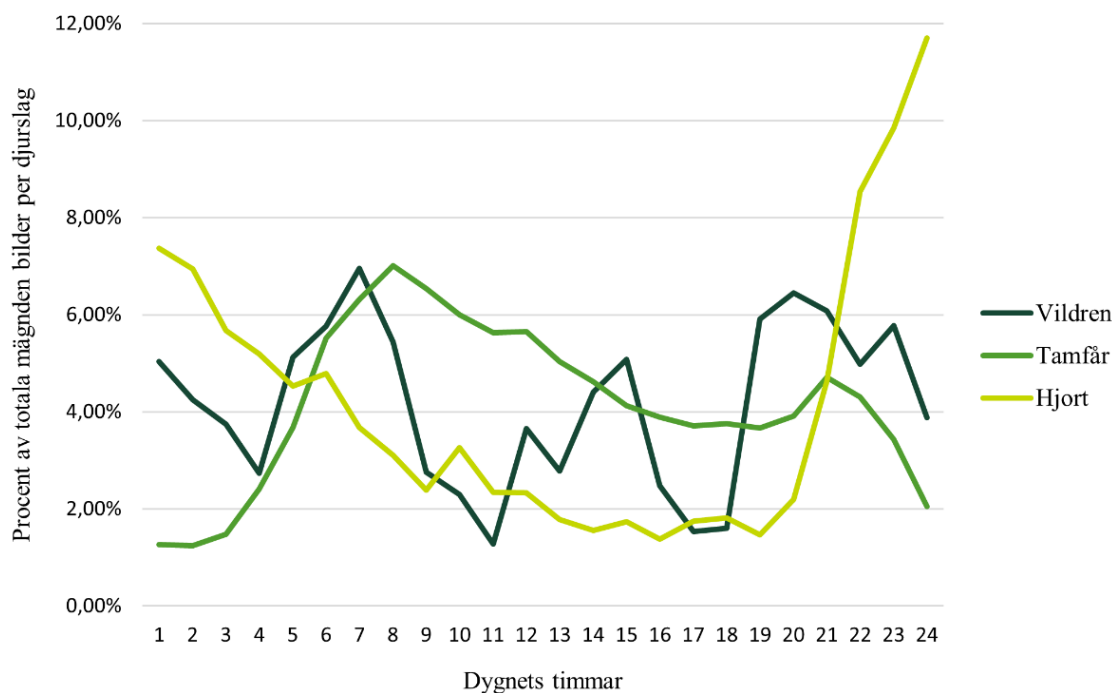
Figur 7. Summa av ren-, hjort- og fårbilder ved varje aktuell kamera på Knutshø under 2018–2020.



Figur 8. Summa av ren-, hjort- och fårbilder vid varje aktuell kamera på Forollhogna under 2016–2020.

4.3. Spridningen av saltstensbesöken under ett dygn

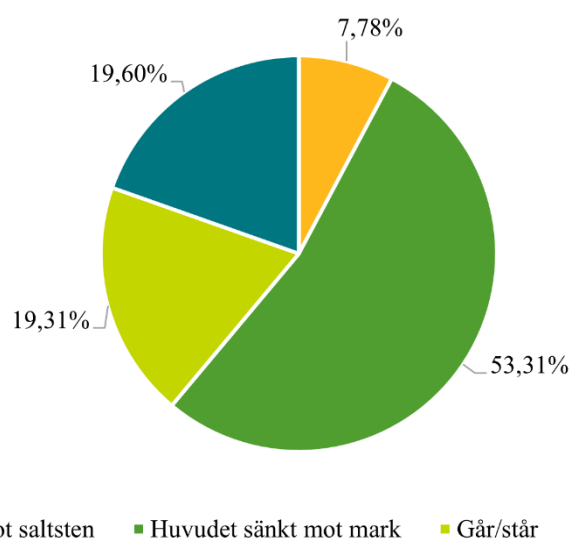
Enligt linjediagrammet (fig. 9) var kronhjort mer aktiv under första delen av natten med en lägre aktivitetsnivå mitt på dagen. Vildrenens aktivitetsmönster har enligt diagrammet (fig. 9) tydligare toppar och dalar med omkring fem toppar. Tamfåren visar ett jämnare aktivitetsmönster med högst aktivitet vid 08 och lägst under natten. Dessa deskriptiva observationer utgår endast från diagrammet (fig. 9) och har inte testats statistiskt.



Figur 9. Diagram över den procentuella spridningen av saltstensbesök under ett dygn under maj-okt för ren, får och kronhjort från samtliga fjäll, data från 2016 till 2020. För siffrorna i x-led motsvarar 1 klockslaget 01:00 och 24 motsvarar 00:00.

4.4. Beteendeobservation av vildren på Knutshø

Under beteendestudien av vildren observerades totalt 995 bilder, uppdelade i 32 olika händelser i vilka 347 individer observerades totalt. Medelvärdet av antal djur per händelse var 12,0. Medelvärdet av utförda beteenden för en händelse var för huvudet mot saltsten 0,8, för huvudet mot mark 5,7 beteenden/händelse, för gå eller stå var värdet 2,1 beteenden/händelse och för okänt beteende var medelvärdet per händelse 2,1 beteenden/händelse. Beteendet ligga ner observerades aldrig.



Figur 10. Procentuella fördelningen av vildrenars beteende utförda på Knutshø under 2019 vid kameraplats 5, 9 och 10.

5. Diskussion

5.1. Saltstenarnas inverkan på överlappning av habitat hos tamfår, vildren och kronhjort

Saltstenar och omgivningen kring dessa på norska fjäll anses utgöra en risk att vara förorenade av saliv, urin och avföring från CWD-infekterade djur (VKM, 2018; VKM, 2021). De kan därför fungera som smittpunkter för miljösmitta mellan olika individer som rör sig i samma överlappande område (Johnson *et al.*, 2007; VKM, 2021). Från detta arbete med en övergripande analys av ett stort bildmaterial går det konstatera att tamfår, vildren och kronhjort på fjällen Nordfjella, Dovrefjell, Knutshø och Forollhogna nyttjar samma saltstensplatser.

I analysen av överlappningen av användandet av saltstenar har inte hänsyn tagits till tid eller datum utan det visar endast på summan av samtliga djurslag som befunnit sig vid en kamera under de år kameran suttit uppe. Men eftersom prioner kan överleva i naturen och smitta via miljösmitta i minst fem år ses en överlappning av saltstensanvändande under samtliga insamlingsperioder som en risk för smittspridning av CWD. Bildmaterialet insamlat under längst tid är det från Forollhogna, vilket innehåller bilder från 2016 till 2020. Med studien av Somerville *et al.* (2019) i beaktning innebär det att ett CWD-smittat kadaver från 2016 skulle utgöra en smittorisk under hela insamlingsperioden på fyra år.

Enligt både Mysterud (1999) och Rivrud *et al.* (2016) har olika arter inom hjortsläktet begränsad direktkontakt i naturen, även om de har liknande födosöksbeteende. Det beror dels på att kronhjort, älg och rådjur rör sig mot lägre belägna områden under vintern jämfört med vildrenen som stannar kvar på fjället (Mysterud, 1999; Rivrud *et al.*, 2016). De mänskligt skapade träffpunkterna, som saltstenarna är, anses därför kunna ha en påverkan på spridningen av CWD mellan arter. Vad resultaten visar använder regelbundet flertalet arter i ett område samma saltsten, även om det inte är under samma tid på dygnet. Det bör innebära en stor risk för miljösmitta om olika individer och arter uppsöker samma saltsten, även om det är under en period på ett till fyra år.

Saltstenarna påverkar djuren till att nyttja gemensamma utrymmen de annars inte hade besökt (VKM, 2021) där risken är högre att de utsätts för miljösmitta av

CWD men även andra smittor så som tarmmask som upptäckts i högre halt vid saltstenar (VKM, 2021).

Det går inte från resultaten bedöma hur mycket saltstensplatser påverkar överlappningen av levnadsutrymme för kronhjort, får och vildren då det inte säkert går att veta vart samtliga arter hade uppsökt naturliga saltkällor. Skulle exempelvis borttagande av flera saltstensplatser innebära att samtliga djur i stället söker sig till en plats som har naturligt saltrik berggrund så kan det innebära mindre spridning av individer.

En studie om interaktionerna mellan ren och tamfår på Hardangervidda gjord av Skogland (1984) visade att den uppskattade nivån av överlapp hos vildren och tamfår är relativt hög för diet och habitatval men låg för den rumsliga spridningen inom habitatet, vilket Skogland (1984) menar leder till låg nivå av interaktion vid betning. Saltstenarna kan bidra till att djuren befinner sig mer i samma område och i direkt kontakt i ett habitat där de annars håller avstånd till varandra.

5.2. Arternas mineralbehov & skillnader i dygnsrytm

Även om resultaten från bilderna visar på att renar nyttjar saltstensplatserna under perioden maj-oktober går det inte endast med denna studie avgöra hur stort vildrenens behov av saltstensplatser är. Det är möjligt att de i första hand nyttjar dessa som ger hög halt lättillgängligt natrium, men det är svårt att säga om de hade kunnat tillgodose sig salt från naturen till lika hög utsträckning utan saltstenarna. Man vet dock att migrationsmönstret påverkas av tillgång till saltresurser (Staaland, 1986) och att renar kan äta av fallna horn för att tillgodose sig mineraler (Bevanger, 2016), vilket skulle innebära en smittorisk (VKM, 2021).

Både tamfår, vildren och kronhjort har ett starkt behov av att finna goda saltkällor (Stockstad, 1953; Fraser & Reardon, 1980) och på grund av vildrenens effektiva födosöksbeteende (Staaland, 1986) går det förmoda att de väljer den enklaste och energieffektivaste källan till salt. Vad gäller tamfåren har även dessa ett stort behov av tillgång till salt, mest troligt har de även stor vana vid saltstenar eftersom de är tamdjur och möjligen aldrig behövt uppsöka naturliga saltkällor så som saltvatten eller berggrund. Kronhjortens motivation till att komma åt saltstenar visar sig dels i hur flertalet gånger uppsöker en saltsten trots att den blivit inhägnad för tillgång endast för tamfår, för att efter några dagar synas innanför hägnet. Att både kronhjort, tamfår och vildren även skulle överlappa i sökandet av naturliga saltkällor går inte bortse från helt, men att det skulle vara till den frekvens och i den mängd som saltstenarna bidrar till ses inte som troligt.

Resultaten från studien av Sørum (2020) visar att kronhjort med högre sannolikhet besöker saltstenar vid gryning, skymning och nattetid då de är som mest aktiva. Sannolikheten att kronhjort skulle ses vid saltstenarna under dagtid var lägre (Sørum, 2020). I rapporten förklaras att dessa resultat stämmer överens med

tidigare studier som kommit fram till att kronhjort har aktivitetstoppar vid just gryning, skymning och under natten (Beier & McCullough, 1990; Carranza et al., 1991). Resultaten i denna studie visar på att hjort har större delen av sin aktivitet under natten och en topp under skymning men ej lika tydligt vid skymning, detta är dock ej statistiskt testat.

5.3. Vildrenens beteende vid saltstensplatser

Mycket fokus i de senaste rapporterna av VKM (2018; 2021) angående CWD läggs på relationen mellan vildren och tamfår, vilket förklaras dels av att de har mer gemensamt habitatval på fjället än övriga hjortdjur (Mysterud, 2000), som stor del på året håller till längre ner från fjället (Mysterud, 1999; Bischof *et al.*, 2012). Det är även de två arter som finns mest på de fyra aktuella fjällen. Detta stämmer överens med analysresultaten av bildsorteringen då störst andel av bilderna är på får och näst mest är på vildren.

Resultaten av vildrenens beteende visade att renarna utför riskbeteenden för smitta av CWD vid saltstensplatserna. Beteendet som utfördes till störst grad var huvudet mot marken medan huvudet mot saltsten uppmättes mer sällan. Att det beteende som antas vara anledningen till att djuren söker sig till saltstenarna, för att få salt genom att ha huvudet mot saltstenen (mest troligt för att slicka salt men det gick inte alltid att se), var det beteende som utfördes till lägst frekvens kan förklaras av att det var svårt för mer än tre individer att få plats vid saltstenen på en gång. Vildrenarna som observerades var uppemot 25 individer på en bild under en händelse. Även om flertalet av dessa individer under tiden de spenderade kring saltsten fick chansen att komma fram och nyttja saltstenen observerades beteenden endast vid en bild, då majoriteten av djuren inte fick plats framme vid saltstenen utan stod kring den med sänkta huvuden.

Det är inte tillräckligt känt ännu hur CWD smittar att det skulle gå ranka beteenden i hur stor risk för smitta varje beteende innebär. Därför antas beteendet att huvudet sänkt mot mark en ekvivalent risk för smittspridning som huvudet mot saltsten. Vid saltstenen antas halten saliv vara större men avrinning från denna till marken omkring kan innebära att marken innehåller både halter av saliv samt urin och avföring.

Beteendet att ligga ner observerades aldrig under studien, det klassades som en riskbeteende då ett djur som ligger ner ofta tillbringar större tid på denna plats, vilket ökar sannolikheten att den kommer lämna urin, avföring och potentiellt prioner efter sig. Att detta inte skedde och att besöken därmed antagligen var kortvariga är ett viktigt resultat i denna studie.

5.4. Förhållandet till hållbarhet & etik

5.4.1. Vildrenens påverkan på ekosystemet

Om det mest extrema av föreslagna tillvägagångssätt för att minska smittspridningen av CWD inom beståndet på Hardangervidda skulle följas, vilket är att utrota hela beståndet av vildren där smitta upptäckts (vilket var fallet i Nordfjella zon 1) försvinner en betydande del av den genetiska reservoaren för vildren i Europa. Alternativet att skjuta av ett helt bestånd vildren sågs först som extremt drastiskt, men enligt Mysterud & Rolandsen (2018) blev det tydligt att kunskapsnivån om CWD inte erbjöd några andra reella alternativ.

Som art har vildren stor betydelse för ekosystemet den lever i och om den drastiskt skulle försvinna förväntas en ringverkan av ekologiska effekter en snabb förändring i landskapet (Skogland, 1984). Tamfår och vildren är de som främst betar på norska fjäll och har en positiv verkan genom att öppna upp marklagret, det gör det möjligt för ökad mängd gräs och örter som kan växa på fältlägret (Skogland, 1984). Detta ger i sin tur fjällområdena större bärkapacitet för idisslare (Skogland, 1984)

Naturbetesområden är trots allt några av de landskapstyper som håller allra högst värde av biologisk mångfald i Skandinavien (Eriksson *et al.*, 2002). Att skifta i användningen av områden, exempelvis flytta saltstenarna och leda bort djur, kan hindra dem från att smittas av redan ackumulerad miljösmitta, men samtidigt skulle det kunna innebära att eventuellt infekterade djur sprider vidare CWD till nya platser och andra bestånd (VKM, 2021).

5.4.2. Den mänskliga påverkan på spridningen av CWD

Etiskt sett går det ställa sig frågan om hur mycket en vild population ska påverkas av oss människor. Saltstenar sätts ut för att ha kontroll över tamdjur på fjällen, men det i sin tur kan påverka vilda populationers risk för att utsättas för en dödlig miljösmitta av CWD. Det är redan tydligt att mänsklig påverkan i form av exploatering av fjäll och utvidgandet av vägnätverk påverkar renpopulationen negativt. Dels visar resultat från en studie av Panzacchi *et al.* (2013b) att fragmenteringen av subpopulationernas levnadsområde fortfarande pågår. Vors & Boyce (2009) förklarar att även om vildrenspopulationen alltid har fluktuerat på alla sina levnadsområden är det tydligt att den synkroniserade nedgång som sker nu visar på artens sårbarhet för globala miljöförändringar.

Hållbarhetsfrågan anses inte endast beröra om smittade populationer ska utrotas eller ej, eftersom det, enligt VKM (2021), inte är det troligaste utfallet när det gäller större populationer än den på Nordfjella. Dock kan flertalet av förändringarna av ekologiska processer märkas även vid en minskning av individer inom ett renbestånd.

Det ses ytterligare som viktigt att diskutera vilken nivå av mänsklig inverkan som är hållbar. Ska populationsstorleken av samtliga arter på norska fjället styras av ett ökat jakttryck, för att öka spridningen av individer, med behållande av saltstensplatser eller ska saltstenar med omgivande jord tas bort med antagande att idisslare på fjället då naturligt skulle spridas ut och undvika kontaktsmitta. Saltstensplatserna är trots allt smittpunkter skapade av människan.

Artbarriären (de genetiska skillnader som separerar arter) är mindre mellan arter inom hjortsläktet än mellan hjortdjur och tamfår, vilket antas ha den inverkan att djur inom hjortsläktet lättare överför smitta till varandra än till tamfår (Mysterud & Edmunds, 2019; Jarnemo *et al.*, 2019; VKM, 2021). Men i nuläget är det främst tamfårens närvaro på fjället som bidrar till att saltstenar sätts upp (VKM, 2021). Hållandet av idisslare på naturbete är en lång tradition i Norge och motstånd mot att ta ner alla saltstensplatser är förståeligt. Om inhängningen av saltstenarna inte fungerar som tänkt är frågan hur tamfårskötseln går att sköta utan saltstensplatser, för att helt kunna eliminera smittorisken det innebär om olika arter hjortdjur frekvent uppsöker saltstenarna (VKM, 2021). En möjlig utveckling är större användning av GPS-halsband på fåren men frågan kvarstår hur tamfåren påverkas av en minskad saltresurs.

I en tidigare studie (Hamir *et al.*, 2006) har Suffolkfår uppvisat smitta av CWD vid intracerebral ympning av hjärnsubstans från åsnehjort. Det som talar mot att den smittspridningen kan ske naturligt är att får och hjortdjur betat tillsammans i hundratals år utan att en artöverskridande smitta har skett (Jarnemo *et al.*, 2019).

5.4.3. Möjliga effekter i samhället

Förhållningssätten till både naturbete och renar skiljer sig åt mellan Sverige och Norge, vilket dels tagit uttryck i att vi i Sverige inte har några vilda renar kvar alls medan Norge förvaltar några av de sista vildrenarna i Europa (Jordhøy *et al.*, 2003). Utvecklingen av CWD i Norge är ändå något vi kan ta lärdom av i Sverige, även om inga fall av klassisk CWD än upptäckts sker testning av hjortdjur och en beredskap för sjukdomsutbrott finns (Jordbruksverket, 2021). Det är inte en omöjlighet att CWD sprids från vildrenar och hjortdjur i Norge till vilda hjortdjur i Sverige. Hjortdjur testas idag även i Sverige och uppsättning av saltstenar eller foderbord rekommenderas inte (Jordbruksverket, 2021).

Effekterna CWD har för bönderna i Norge handlar främst om hotet om en minskning på saltstensplatser (VKM, 2018; NSG, 2021). Förutom vägar och vatten som avgränsar är salt- och vattenplatser traditionellt det enda som ger bönderna en viss kunskap om var deras får befinner sig, kraven på tillsyn innefattar att djuren ska ses till en gång i veckan (VKM, 2018) vilket enligt NSG (2021) försvåras betydligt utan användandet av saltstensplatser.

Ur ett större perspektiv skulle CWD, enligt Mysterud *et al.* (2020), i ett värsta scenario där sjukdomen sprids i hela Eurasien, innebära en hot mot den årliga

slakten på omkring 4 miljoner hjortdjur, med inte bara stor ekonomisk betydelse utan även kulturell.

5.5. Bearbetning och analys av bildmaterial

5.5.1. Mjukvaran

Inför valet av mjukvara för bildsorteringen diskuterades ett stort antal alternativ som används i tidigare vetenskapliga rapporter.

Efter diskussion med studenter och forskare som tidigare använd program för att underlätta sortering av viltkamerabilder klarlades att det finns flertalet program både webbaserade och lokala mjukvaror som underlättar den manuella sorteringen av bilder. Problematiken var att hitta ett maskininlärningsprogram som redan var förtränat på djuren relevanta för denna studie. I brist på kunskap och tid för att sätta sig in i och nyttja en av de större tränade modellerna, Microsoft MegaDetector (Beery *et al.*, 2019), var det som återstod att sätta upp och träna ett eget program från källkod tillgänglig online från Microsoft.

En nackdel med detta tillvägagångssätt var att det krävdes mer kunskaper om programmering och att det tog tid att träna upp modellen. Medan fördelen var att programmet blev tränat på exakt de bilderna studien bestod av och i detta fall var det enda alternativ som inte innebar manuell sortering. Programmet som sattes upp har även potentialen att bli säkrare i sin prediktion ju mer bilder det tränas på. För detta projekt tränades programmet upp en gång på bilder från alla mappar, ett framtida alternativ är att träna det på ett större antal bilder och möjligtvis göra en tränad modell för varje fjäll och kameraplats, då dessa miljöer kunde skilja sig mycket åt (gräs, barmark eller snö som bakgrund) antas det ha påverkat hur bra bilder kunde analyseras av mjukvaran.

En möjlighet framöver är att inte endast beräkna korrektheten i programvaran med hjälp av stickprov utan att gå igenom alla mappar och även jämföra resultaten med en sortering gjord genom Microsofts MegaDetector (Beery *et al.*, 2019).

Beteendestudien av renarna gjordes manuellt och allt antecknades i Excel, men för framtida studier skulle användningen av Camelot (Hendry & Mann, 2018) eller TRAPPER (Bubnicki *et al.*, 2016) rekommenderas då det hjälper att sortera och klassificera för att sedan kunna generera ett Excell med resultaten.

5.5.2. Studiedesignens för- & nackdelar

Även om programmet sorterade efter djurslag fanns inte möjligheten att kontrollera att kamerafällorna fungerade som de skulle, att tid och datum stämde på samtliga. Reconyx-kamerorna tog kontrollbilder vid midnatt men för Browning Strike

kamerorna har det fått antas att de fungerat som de ska under hela insamlingsperioden. Detta blir en nackdel i insamlandet av bildmaterialet och något som skulle behövas kontrolleras för varje kamera manuellt för att säkerställa att de fungerar som de ska.

För vidare studier av bildmaterialet bör manuella stickprov göras av för att se att de stämmer överens med bildens metadata. För data som skiljer sig mycket från resterande, som i fallet med Forollhogna, kan det handla om en felprogrammerad eller trasig kamera.

En nackdel med att endast kunna studera bilder och inte videoklipp är att mycket material från vintern gick förlorat, då det mest var filmklipp från perioden november-april. I denna studie var materialet från sommaren tillräckligt för att studera vildrenarnas beteende och för att konstatera att överlappning av saltstensanvändande sker, men för framtida studier för exempelvis frekvensens av habitatöverlappning bör bildmaterialet kompletteras med videoklipp.

En stor fördel med att använda maskininlärning för att sortera bildmaterialet är elimineringen av den mänskliga faktorn samt faktum att det aldrig hade varit möjligt att sortera en så stor mängd bilder under denna tid manuellt, det är effektivare och därmed även mer ekonomiskt.

Etogrammet sattes upp efter vad VKM (2021) ansåg vara riskbeteenden för att djur smittas av CWD och utifrån vilka beteenden Sørum (2020) observerade i studien om kronhjort. Det ses som en styrka att liknande beteendeanalyser gjorts tidigare, att det fanns att utgå från. Innan observationen genomfördes diskuterades även beteenden med handledare för att inga frågetecken skulle kvarstå.

Observatören valde att inte skilja på individer utan alla renar observerades som ren och delades inte upp i kön eller ålder. En förbättringspotential är att skilja på vuxna djur och kalvar och även på kor eller tjurar. Då bilderna innehöll många djur i stora grupper där samtliga bar horn ansågs särskiljning på könsnivå för svår och en möjlighet till felsortering. En förbättringspotential av studien är att låta en observatör med vana av vildrenar analysera materialet mer i detalj, då sannolikhet för smitta har visats vara högre för rentjurar (VKM, 2021) hade det varit intressant att se könsfördelningen av de renar som utför riskbeteenden vid saltstensplatserna.

En nackdel med att manuellt räkna antalet renar på en bild var svårigheten att urskilja exakt antal individer på en bild då de stod tätt med huvudena neråt. Även under det manuella valet av vilken bild under en händelse där flest djur syntes fick en uppskattning göras. Fördelen med att ändå estimerar hur många renar det är under en händelse är att det inte fanns några andra alternativ för att observera antalet individer, eftersom sorteringsmjukvaran inte klarade det. Alternativet var att sätta antalet till minst en ren, då bilden blivit kodad som det, men det skulle innebära en summa längre från det rätta antalet än uppskattningen.

5.6. Studiens användbarhet & framtida forskning

Rörelsetriggade viltkameror används alltmer inom naturvård samt viltförvaltning och kamerafällor som möjliggör observationsstudier utan nära kontakt eller påverkan av människor är bland de bästa metoderna som finns för att studera vilda djur (Tabak *et al.*, 2019). Dessa viltkameror resulterar dock i stora mängder bilder som behöver processas och idag sker fortfarande det mesta manuellt, vilket tar lång tid och blir mycket kostsamt (Schneider *et al.*, 2020). Program som använder sig av maskininlärning för att sortera bilder blir därför en allt större och viktigare del av etologiska och ekologiska studier av vilda djur (Tabak *et al.*, 2019; Schneider *et al.*, 2020). Användandet av ett sorteringsprogram minskar den mänskliga faktorn och möjliga felsortering även om programvaran inte sorterar helt korrekt kan den nivån beräknas från skillnad till den mänskliga faktorn som kan handla om individuella skillnader.

Detta projekt kan fungera som ett underlag för vidare justering och programmering av en mjukvara som använder sig av maskininlärning för att sortera viltkamerabilder. Några aspekter som kan forskas vidare i är om det går uppå ett mer rättssorterat material genom att göra bildmaterialet mer homogent genom att exempelvis ha alla bilder i samma gråskala och höja kontrasten på bilderna enligt Tabak *et al.* (2019). Utöver det ger en modell tränad på fler bilder i regel mindre felsortering (LeCun *et al.*, 2015), ett första steg i vidareutveckling av programvaran anses därför vara att träna modellen på en större mängd bilder med fler olika bakgrunder (LeCun *et al.*, 2015; Tabak *et al.*, 2019).

Eftersom artbarriären för smittspridning mellan vildren och tamfår inte är helt klarlagd ännu (Mysterud & Edmunds, 2019; Jarnemo *et al.*, 2019; VKM, 2021) skulle en potentiell användning inom framtida forskning för denna rapport uppstå om nya studier visar resultat på att CWD kan smitta naturligt mellan tamfår och vildrenar. Det skulle göra kartläggningen av habitatöverlappningen mellan får och vildren än viktigare. Även om beteendestudien i denna rapport genomfördes i mycket liten skala skulle den kunna fungera som en beprövad modell för utförligare studier av smittoriskbeteenden för både vildren och tamfår. Forskning om hur samtliga arter på fjällen påverkas av nedtagning av artificiella saltresurser ses som relevant, särskilt om det i framtiden kommer tas beslut om nedtagning eller inhägning av fler saltstenar då det kan påverka dels vildrenars migrationsmönster (Staaland, 1986).

Skulle CWD även spridas till svenska hjortdjur kan vi ta lärdom av studier och viltvård genomförd i Norge. Bildanalyser och beteendestudier som dessa går även genomföra från viltkameramaterial från svenska skogar.

Utvecklingsmöjligheterna för studiematerialet använd i denna rapport anses vara många. Dels finns det möjlighet till större analyser, statistiska tester och vidare studier av de arter som inte studerats i denna rapport men som finns representerade i det sorterade bildmaterialet. Vad gäller CWD är det mycket som inte utretts än i

och med att smittan i Norge och hos vildrenar är relativt ny (Bevanger, 2016) finns det utrymme till fler studier om hur prionerna smittar eller hur det går sanera områden från miljösmitta.

Förslag på frågeställningar till framtida studier:

- Finns det saltstensplatser som är mer intressanta ur en smittspridningskontext på grund av interaktionen mellan olika arter och den geografiska positionen av saltstenen?
- Hur påverkas fårens hälsa, reproduktion och tillväxt om de inte ges tillgång till saltsten under sommarbetet?
- Hur påverkas samtliga hjorddjur och tamfår på norska fjällen av att tas ifrån de artificiella saltresurserna?
- Förbättras sorteringen av bildmaterialet från Knutshø, Forollhogna, Dovrefjell och Nordfjella genom att träna modellen på fler bilder och ha dessa i gråskala med högre kontrast?

5.7. Litteraturens styrkor & svagheter

Viss använd litteratur i rapporten är inte vetenskapligt publicerad, i de flesta fall handlar det om myndighetsrapporter (Jarnemo *et al.*, 2019) eller artiklar som används för att det ansågs som nödvändigt att ta del av den allra senast uppdaterade informationen. Exempelvis skriver äldre rapporter om antalet subpopulationer som 23 medan mer uppdaterad information på villrein.no, som drivs av Norsk Villreinsenter och Villreinrådet i Norge att dessa idag är 24. Ett ytterligare exempel på rapporter från myndigheter som används är VKM-rapporter som är sammanfattningar och beskrivningar av tillvägagångssätt av NINA. Det är dessa som anses tillhandahålla den mest uppdaterade och tillförlitliga bilden av läget för spridningen av CWD i Norge.

En svaghet i samtliga studier på utvecklingen av CWD hos vildren är tidsperspektivet. Inkubationstiden kan vara lång och individer kan leva länge med sjukdomen innan de avlider, vilket gör att perioden sedan CWD upptäcktes hos vildren i Norge (2016) tills idag inte ses som tillräcklig för att tolka exempelvis smittspridningshastigheten. Artikeln av Mysterud *et al.* (2019) har trots tidsperspektivet genomfört en storskalig testning efter CWD hos renar i olika åldrar. Några av styrkorna med artikeln är att renar testats under en förhållandevis lång period på två år (2016–2018) och samtligt material (hjärnvävnad och lymfknotor) har skickats in till norska veterinärinstitutet för CWD testning och genomgått flertalet tester för att spåra CWD-prioner, om ett test var positivt eller ofullständigt gjordes minst ett ytterligare test. En möjlig svaghet i artikelns metod är åldersbestämningen av renarna då det görs med hjälp av att experter ser på

tandslitage och käkens utformning men i alla fall fanns inte hela käken med samtliga tänder att tillgå och en estimering fick göras.

På grund av att CWD funnits under en kort period i Norge jämfört med Nordamerika ses studien av Uehlinger *et al.* (2016), som skrivit en systematisk sammanfattning av hanteringsstrategier för kontroll av CWD-smitta, som mycket värdefulla för att ge mer kunskap om tillvägagångssätt för att stoppa smittan i Norge. En styrka med studien är att metoden för hur artiklar valts ut är tydlig och artiklarna som används är relevanta och tar upp flertalet strategier. En svaghet i artikelns utredning är att de ej har funnit några artiklar där kostnaden av olika strategier tas upp, vilket ofta har stor påverkan i vilka metoder som används. I artikeln nämner de även svårigheterna med att rekommendera ett tillvägagångssätt för att minska CWD-spridningen då smittspridning inte är fullt utredd, den långa inkubationstiden och bristen på test på levande individer gör det till en mycket svår uppgift, vilket ses som en styrka i artikel att de är tydliga med.

6. Slutsats

Det som resultaten visar på är att tamfår, vildren och kronhjort till stor del nyttjar samma saltstensplatser på fjällen Nordfjella, Dovrefjell, Knutshø och Forollhogna och att överlappningen av nyttjandet av saltstenarna även sker under ett dygn (mellan maj-okt). Dock krävs vidare sortering av bildmaterialet och genomförande av statistiska analyser för att kunna dra säkra slutsatser angående till vilken grad överlappning av habitat sker och hur aktivitetsmönstren ser ut för samtliga djur. Av totalt 34 kameror var det endast vid 7 inte alla tre arter befunnit sig under insamlingsperioden.

Det är från beteendestudien tydligt att vildrenar i Knutshø utför riskbeteenden för att utsättas för miljösmitta av CWD vid saltstensplatserna utsatta för tamfår, dock observerades inte renarna ligga ner vid saltstenarna vilket begränsar risken att de lämnar avföring. Ytterligare forskning anses nödvändig för att utreda den möjliga effekten av att ta ner samtliga saltstensplatser för att utesluta denna smittväg.

Delsyftet att finna ett användbart bildsorteringsprogram uppnåddes och det förenklade processen att sortera bildmaterialet avsevärt. Maskininlärning är dock i ständig utveckling och fler program bör jämföras och samtliga bilder bör sorteras igen för att uppnå högre sorteringssäkerhet.

Populärvetenskaplig sammanfattning

Avmagringssjuka eller chronic wasting disease, förkortat CWD, är en hjärnsjukdom som drabbar djur i hjortsläktet. Denna sjukdom hör till samma familj som BSE hos nötkreatur och Creutzfeldt–Jakobs sjukdom hos människor, de är samtliga obotliga och leder till döden. CWD har varit känd hos hjortdjur i Nordamerika sedan 60-talet men nu har även sjukdomen upptäckts hos vildrenar i Norge. På fjället Nordfjella år 2016 och höglandsplatån Hardangervidda under 2020.

Norska staten jobbar för att kartlägga och stoppa spridningen av CWD och en del i att förstå hur sjukdomen sprids är att få en bättre överblick av hur de djur som potentiellt har sjukdomen lever. Detta är en av anledningarna till viltkameror sats ut vid saltstensplatser på fjällen Nordfjella, Dovrefjell, Knutshø och Forollhogna. I nuläget är det endast vildren i Norge som har påvisat CWD-smitta men eftersom de är nära besläktade med kronhjort, som har visats mottaglig för CWD-smitta i Nordamerika, ses det som en möjlig risk om de interagerar i det vilda. En rädsla finns även att tamfår på sommarbete på norska fjäll ska kunna bli smittade och sprida sjukdomen då tidigare forskning visat att får kan få CWD.

Syftet med detta projekt har därför varit att kartlägga vildrenars, tamfårs och kronhjorts användande av saltstenar på de norska fjällen. Saltstenar har undersökts för att det är ställen där alla dessa arter har en möjlighet att mötas direkt eller indirekt visa saliv och avföring. Detta innebär en risk för smitta av CWD som smittar via kroppsvätskor och kan överleva flera år i marken eller i växter. I det här arbetet har även vildrenarnas beteende på bilderna från Knutshø analyserats för att se vilka riskbeteenden för smitta av CWD de utför. Det visade sig att renarna hade huvud nära saltstenen och marken, något som indikerar att de lämnade saliv. Däremot låg de inte ned, detta tyder på att de var där kortvarig och inte lämnade mycket avföring.

Bildmaterialet från viltkamerorna som tillhandahölls från NINA var på omkring 500 000 bilder och de sorterades med hjälp av ett dataprogram efter djurslag.

Resultaten visar att djuren använder samma saltstenar på samtliga fjäll och att vildrenar utför riskbeteende för smitta vid saltstensplatser på Knutshø, det beteendet som observerades flest gånger var ”huvudet mot mark”.

För att dra vidare slutsatser om hur stor inverkan saltstenarna som mötesplats har för både vilda och tama djur krävs djupare analyser av bildmaterialet samt beteendeanalyser i större skala.

Tack

Jag vill tacka min handledare Jens Jung för att alltid vara nära till hands och full av idéer. Jag vill även rikta ett stort tack till Geir Rune Rauset som skickat mig hårddisken med alla bilder och glatt svarat på frågor om kameramodeller och norsk beteskultur. Till sist vill jag tacka min sambo Eric som ställt upp med allt från matlagning till hjälp med programmering och bildsortering.

7. Referenser

- Artfakta, 2021. Vildren Rangifer tarandus.
<https://artfakta.se/artbestamning/taxon/rangifer-tarandus-100120>, använd 2021-03-23.
- Artsdatabanken, 2021. Norsk rødliste for arter. <https://artsdatabanken.no/Rodliste>, använd 2021-03-23.
- Ayotte, J.B., Parker, K.L., Arocena, J.M., & Gillingham, M.P. 2006. Chemical composition of lick soils: functions of soil ingestion by four ungulate species. *Journal of Mammalogy*. 87, 878-888.
- Benestad, S.L., Mitchell, G., Simmons, M., Ytrehus, B. & Vikøren, T. 2016. First case of chronic wasting disease in Europe in a Norwegian free-ranging reindeer. *Veterinary Research*. 47.
- Beier, P. & McCullough, D.R. 1990. Factors Influencing White-Tailed Deer Activity Patterns and Habitat Use. *Wildlife Monographs*. 109, 3-51.
- Beery, S., Morris, D. & Yang, S. 2019. Efficient Pipeline for Camera Trap Image Review. *arXiv preprint arXiv:1907.06772*.
- Bevanger, K. 2016. Rein Rangifer tarandus (Linnaeus, 1758).
<https://artsdatabanken.no/Pages/179491/Rein>, använd 07-04-2021.
- Bischof, R., Loe, L. E., Meisingset, E. L., Zimmermann, B., van Moorter, B., & Myrnes, A. 2012. A migratory northern ungulate in the pursuit of spring: jumping or surfing the green wave? *American Naturalist*. 180, 407-24.
- Bubnicki, J.W., Churski, M. & Kuijper, D.P.J. 2016. TRAPPER: an open source web-based application to manage camera trapping projects. *Methods in Ecology and Evolution*. 7, 1209-1216.
- Carranza, J., Hidalgo de Trucios, S.J., Medina, R., Valencia, J. & Delgado, J. 1991. Space use by red deer in a Mediterranean ecosystem as determined by radio-tracking. *Applied Animal Behaviour Science*. 30, 363-371.
- Epizootilagen (1999:657).
- Eriksson, L-O., Källqvist, M-L. & Mossing, T. 1981. Seasonal Development of Circadian and Short-Term Activity in Captive Reindeer, Rangifer tarandus L. *Oecologia*. 48, 64-70.
- Eriksson, O., Cousins, S. A. & Bruun, H. H. 2002. "Land-use history and fragmentation of traditionally managed grasslands in Scandinavia." *Journal of Vegetation Science*. 13, 743-748.
- Fraser, D. & Reardon, E. 1980. Attraction of wild ungulates to mineral-rich springs in central Canada. *Ecography*. 3, 36-39.

- Hamir, A.N., Kunkle, R.A., Cutlip, R.C., Miller, J.M., Williams, E.S., Richt, J.A. 2006. Transmission of chronic wasting disease of mule deer to Suffolk sheep following intracerebral inoculation. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*. 18, 558–565.
- Hendry, H. & Mann, C. 2018. Camelot—intuitive software for camera-trap data management. *Oryx*, 52, 15–15.
- Hjortevilt, 2021. Fakta om villrein. https://www.hjortevilt.no/fakta-om-artene/villrein-rangifer-tarandus/#.VPWjf_mG-Z8, använd 07-04-2021.
- Hofmann, R.R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*. 78, 443–457.
- Jarnemo, A., Mysterud, A., Kjellander, P., Nöremark, M., Sand, H., Wikenros, C. & Andréén, H. 2019. Avmagringsjukan (CWD) hos hjortdjur. Naturvårdsverket rapport 6896.
- Johnson, C. J., Pedersen, J. A., Chappell, R. J., McKenzie, D., & Aiken, J. M. 2007. Oral transmissibility of prion disease is enhanced by binding to soil particles. *PLoS Pathogens*. 3, e93.
- Jordbruksverket, 2021. CWD, Chronic Wasting Disease. <https://jordbruksverket.se/djur/djurskydd-smittskydd-djurhalsa-och-folkhalsa/aktuellt-lage-for-smittsamma-djursjukdomar/cwd-chronic-wasting-disease#h-Rapporteringochprovtagningavdodavildaellerhagnadehjortdjur>, använd 08-04-2021.
- Jordhøy, P., Nellemann, C., Strand, O. & Vistnes, I. 2003. Tilbakeføring av Hjerkinskyltefelt til sivile formål – temautredning Økosystem, villrein og moskus. NINA Norsk institutt for naturforskning Rapport til Forsvarsbygg.
- Kim, T-Y., Shon, H-J., Joo, Y-S., Mun, U-K., Kang, K-S., & Lee, Y-S. 2005. Additional cases of chronic wasting disease in imported deer in Korea. *Journal of Veterinary Medical Science*. 67, 753-759.
- Mysterud, A., Ytrehus, B., Tranulis, M.A. Rauset, G.R., Rolandsen, C.M. & Strand, O. 2020. Antler cannibalism in reindeer. *Scientific Reports*. 10, 22168.
- Mysterud, A., Madslie, K., Viljugrein, H., Vikøren, T., Andersen, R., Guere, M. E., Benestad, S. L., Hopp, P., Strand, O., Ytrehus, B., Røed, K. H., Rolandsen, C. M. & Vage, J. 2019. The demographic pattern of infection with chronic wasting disease in reindeer at an early epidemic stage. *Ecosphere*. 10, e02931.
- Mysterud, A. 2000. Diet overlap among ruminants in Fennoscandia. *Oecologia*. 124, 130-137.
- Mysterud, A. & Edmunds, D.R. 2019. A review of chronic wasting disease in North America with implications for Europe. *European journal of wildlife research*. 65.

- Mysterud, A. & Rolandsen, C.M. 2018. A reindeer cull to prevent chronic wasting disease in Europe. *Nature Ecology and Evolution*. 2, 1343–1345.
- Mysterud, A. & Østbye, E. 1999. Cover as a Habitat Element for Temperate Ungulates: Effects on Habitat Selection and Demography. *Wildlife Society Bulletin*. 27, 385–394.
- NE, 2021a. Vildren.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vildren>, använd 23-03-2021.
- NE, 2021b. Dovrefjell.
<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/dovrefjell>, använd 17-06-2021.
- Nordenram, Åke. 1997. Vildrenen. Stockholm, Svenska jägareförbundet.
- NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi), 2020. Beitestatistikk.
<https://www.nibio.no/tema/landskap/kart-over-beitebruk-og-seterdrift/beitestatistikk>, använd 05-05-2021.
- NSG, 2021. Forbud mot bruk av saltstein i Nordfjella
<https://www.nsg.no/aktuelt/beitebruk/forbud-mot-bruk-av-saltstein-i-nordfjella>, använd 06-07-2021.
- Panzacchi, M., van Moorter, B., Jordhøy, P. & Strand, O. 2013a. Learning from the past to predict the future: using archaeological findings and GPS data to quantify reindeer sensitivity to anthropogenic disturbance in Norway. *Landscape Ecology*. 28, 847–859.
- Panzacchi, M., van Moorter, B., Strand, O. 2013b. A road in the middle of one of the last wild reindeer migrations routes in Norway: crossing behaviour and threats to conservation. *Rangifer* 33. Special Issue 21, 15-26.
- Pritzkow, S., Morales, R., Moda, F., Khan, U., Telling, G.C., Hoover, E. & Soto, C. 2015. Grass Plants Bind, Retain, Uptake, and Transport Infectious Prions. *Cell Reports*. 11, 1168–1175.
- Rivrud, I. M., Bischof, R., Meisingset, E. L., Zimmermann, B., Loe, L. E., & Mysterud, A. 2016. Leave before it's too late: anthropogenic and environmental triggers of autumn migration in a hunted ungulate population. *Ecology*, 97, 1058-1068.
- Schneider, S., Greenberg, S., Taylor, G.W., Kremer, S.C. 2020. Three critical factors affecting automated image species recognition performance for camera traps. *Ecology and Evolution*. 10, 3503–3517.
- Skogland, T. 1986. Movements of tagged and radio-instrumented wild reindeer in relation to habitat alteration in the Snøhetta region, Norway. *Rangifer*. Special Issue 1, 267-272.
- Skogland, T. 1984. Wild reindeer foraging-niche organization. *Ecography*. 7, 345–379.
- Socialstyrelsen, 2021. Creutzfeldt-Jakobs sjukdom.
<https://www.socialstyrelsen.se/stod-i-arbetet/sallsynta-halsotillstand/creutzfeldt-jakobs-sjukdom/>, använd 02-04-2021.

- Somerville, R.A., Fernie, K., Smith, A., Bishop, K., Maddison, B.C., Gough, K.C. & Hunter, N. 2019. BSE infectivity survives burial for five years with only limited spread. *Archives of Virology*. 164, 1135–1145.
- Staaland, H., Hove, K. & White, R.G. 1986. Mineral absorption in relation to nutritional ecology of reindeer. *Rangifer*. Special Issue, 279–287.
- Stockstad, D.S. 1953. Chemical characteristics of natural licks used by big game animals in western Montana. Graduate Student Theses, Dissertations, & Professional Papers.
- SVA, 2020. Avmagringssjuka (CWD) hos hjortdjur.
<https://www.sva.se/djurhalsa/djursjukdomar-a-o/avmagringssjuka-cwd-hos-hjortdjur/>, använd 02-04-2021.
- Tabak, M.A., Norouzzadeh, M.S., Wolfson, D.W., Sweeney, S.J., Vercauteren, K.C., Snow, N.P., Halseth, J.M., Di Salvo, P.A., Lewis, J.S., White, M.D., Teton, B., Beasley, J.C., Schlichting, P.E., Boughton, R.K., Wight, B., Newkirk, E.S., Ivan, J.S., Odell, E.A., Brook, R.K., Lukacs, P.M., Moeller, A.K., Mandeville, E.G., Clune, J., Miller, R.S. 2019. Machine learning to classify animal species in camera trap images: Applications in ecology. *Methods in Ecology and Evolution*. 10, 585-590.
- Tobler, I., Jaggi, K., Arendt, J. & Ravault, J.-P. 1991. Long-term 24-hour rest-activity pattern of sheep in stalls and in the field. *Experientia*. 47, 744-749.
- Uehlinger, F.D., Johnston, A. C., Bollinger, T. K. & Waldner, C. L. 2016. Systematic review of management strategies to control chronic wasting disease in wild deer populations in North America. *BMC Veterinary Research*. 12, DOI 10.1186/s12917-016-0804-7.
- van Oort, B.E.H., Tyler, N.J.C., Gerkema, M.P., Folkow, L. & Stokkan, K-A. 2007. Where clocks are redundant: weak circadian mechanisms in reindeer living under polar photic conditions. *Naturwissenschaften*. 94, 183–194.
- Vors, L.S. & Boyce, M.S. 2009. Global declines of caribou and reindeer. *Global change environment*. 15, 2626–2633.
- Villrein.no. 2021a. Villreinen på rødlista?
<https://www.villrein.no/aktuelt/villreinen-p-rdlista>, använd 05-04-2021.
- Villrein.no, 2021b. Villreinområdene. <https://www.villrein.no/om-villreinomrdene>, använd 15-04-2021.
- Villrein.no, 2021c. Reintrekket – Livet som nomade har endra seg radikalt.
<https://www.villrein.no/aktuelt/reintrekket-livet-som-nomade-har-endra-seg-radikalt?rq=Dovre>, använd 18-06-2021.
- Villrein.no, 2021d. Knutshø Villreinområde. <https://www.villrein.no/knutsho-2>, använd 18-06-2021.
- Villrein.no, 2021e. Forollhogna Villreinområde.
<https://www.villrein.no/forollhogna-2>, använd 18-06-2021.
- Villrein.no, 2021f. Nordfjella Villreinområde. <https://www.villrein.no/nordfjella-2>, använd 18-06-2021.

- VKM, 2018. Factors that can contribute to spread of CWD – an update on the situation in Nordfjella, Norway. VKM Report 2018: 16.
- VKM, 2021. Handlingsrommet etter påvisning av skrantesyke (Chronic Wasting Disease, CWD) på Hardangervidda – grunnlag for fremtidige forvaltningsstrategier. VKM Report 2021:01.
- Våge, J. 2020 Chronic Wasting Disease (CWD) identified in a wild reindeer at Hardanger Plateau, norwegian veterinary institute, <https://www.vetinst.no/en/news/chronic-wasting-disease-cwd-identified-in-a-wild-reindeer-at-hardanger-plateau>, använd 01-04-2021.
- Williams, E.S. & Young, S. 1980. Chronic wasting disease of captive mule deer: a spongiform encephalopathy. *Journal of Wildlife Diseases*. 16, 89–98.
- Williams, E.S. & Young, S. 1992. Spongiform encephalopathies in Cervidae. *Revue scientifique et technique*. 11, 551–567.