

DynRein-modellen: Ein dynamisk modell for radioaktivt cesium i reinsdyr

Referanse

Ytre-Eide MA, Skuterud L. DynRein-modellen: Ein dynamisk modell for radioaktivt cesium i reinsdyr. Teknisk dokument nr. 22. Østerås: Direktoratet for strålevern og atomtryggleik, 2021.

Publisert
Sider

22.03.2022
17

DSA,
Postboks 55,
No-1332 Østerås,
Norge.

Emneord

Cesium-137. Reinsdyr. Modellering. Python.

Telefon
Faks
Epost

67 16 25 00
67 14 74 07
dsa@dsa.no
dsa.no

Resymé

Dette dokumentet presenterer koden for DynRein-modellen med forklaringar.

ISSN 2387-5240

Reference

Ytre-Eide MA, Skuterud L. The DynRein model: A dynamic model for radioactive caesium in reindeer. Technical Document no. 22. Østerås: Norwegian Radiation and Nuclear Safety Authority, 2021. Language: Norwegian.

Key words

Caesium-137. Reindeer. Modelling. Python.

Abstract

This document presents the code for the DynRein model.

Prosjektleder: Lavrans Skuterud

Godkjent:



Astrid Liland, avdelingsdirektør, avdeling beredskap

DynRein-modellen: Ein dynamisk modell for radioaktivt cesium i reinsdyr

Martin Album Ytre-Eide

Lavrans Skuterud

fra Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Kjeller,
Norway

fra Direktoratet for strålevern
og atomtryggleik (DSA)
Østerås,
Norway

Innhold

1	Innleiing	5
2	DynRein-modellen	6
3	Programkode og prosedyre for køyring av modellen	7

1 Innleiing

Gjennom CERAD-samarbeidet¹ fekk DSA støtte til prosjektet Dynamic reindeer for å utvikle ein dynamisk modell for langtidsutvikling i konsentrasjonar av radioaktivt cesium i reinsdyr. Prosjektet fekk god hjelp av Vågå tamrein A/S (<https://vagarein.no/>) der mykje utviklingsarbeid har vore gjort gjennom alle åra etter Tsjernobyl-ulykka i 1986, og der dei allereie rundt 2010 tok i bruk GPS-klavar på dyr i flokken. Vi retter ei stor takk til Vågå tamreinlag for mykje hjelp og triveleg samarbeid gjennom mange år!

For å kunne utvikle ein funksjonell modell for langtidsutvikling av radioaktivt cesium i reinsdyr trong vi diverse bakgrunnsinformasjon frå beiteområdet som har blitt publisert i to artiklar:

1. Detaljert kartlegging av forureininga i beiteområdet er publisert i Thørring m.fl. (2019): «Airborne radiometric survey of a Chernobyl-contaminated mountain area in Norway – using ground-level measurements for validation»
2. Informasjon om korleis nivåa av radioaktivt cesium har endra seg i beiteplanter sidan 1986 er publisert i Skuterud og Thørring (2021): «Caesium-137 in mountain flora with emphasis on reindeer's diet – Spatial and temporal trends»

Det endelege produktet – DynRein-modellen – blir publisert i ein tredje fagartikkel (Skuterud m.fl. (under utarbeiding): «Modelling the dynamic behaviour of radiocaesium in reindeer grazing Chernobyl contaminated pastures»). I den artikkelen blir fagleg grunnlag og vurderingane bak modellen presentert. Dette tekniske dokumentet presenterer programkoden til modellen med diverse forklaring.

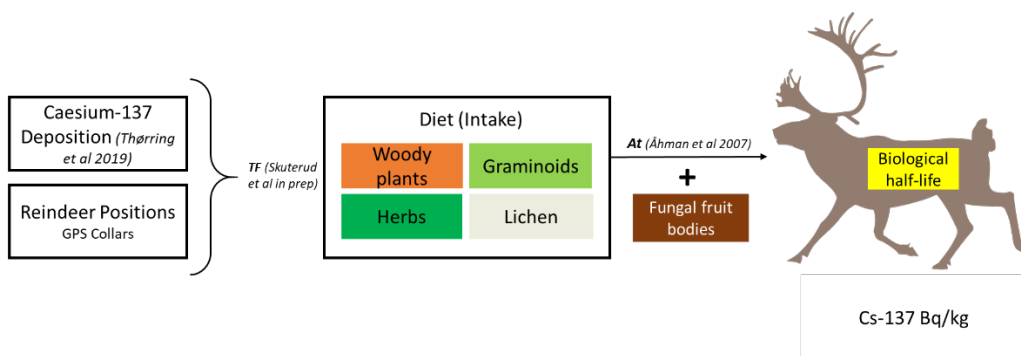
Arbeidet med modellutvikling og kart- og GPS-data frå Vågå tamreinlag sitt beiteområde gjennom mange år involverte fleire store datasett. Dette var noko av grunnen til at DynRein-modellen vart utvikla i programmeringsspråket Python. Koden er prega av den vart laga i samband med eit forskingsprosjekt, og vart ikkje utvikla for å vere ein operativ kode. For meir generell og framtidig bruk har det vore meininga at DynRein-modellen skulle overførast til ein annan plattform (for eksempel ECOLEGO, som også blir brukt i andre samanhengar ved DSA). Denne tekniske rapporten dokumenterer programkoden slik at overføring kan gjerast på eit seinare tidspunkt.

¹ Centre for Environmental Radioactivity (CERAD) er eit senter for framifrå forskning støtta av Forskingsrådet (prosjektnr. 223268/F50)

2 DynRein-modellen

Utgangspunktet i DynRein-modellen er at reinsdyra sin posisjon gir ein deposisjonsverdi (Bq/m²). Denne deposisjonsverdien blir kombinert med data om overføring av cesium frå jord til dei ulike vegetasjonsgruppene som reinen beiter gjennom året, og kunnskap om reinen sin diett, slik at eit dagleg inntak (Bq/dag) kan reknast ut, sjå figur 1. Deretter blir dette inntaket mata inn i ein gjennomsnitts vaksen rein (70 kg), der ein viss del blir absorbert frå mage-tarm-kanalen. Reinsdyr skil så ut cesium igjen med ei biologisk halveringstid som er avhengig av sesong. Saman med stor sesongforskjell i diett gir sesongforskjellen i biologisk halveringstid at konsentrasjonane av cesium i reinsdyr generelt vil vere mange gonger høgare på vinteren enn på sommaren i fleire år etter eit nedfall.

For modellering av cesium-konsentrasjon i rein i fleire år etter eit nedfall er det viktig å inkludere at rein kan ete mykje sopp om hausten. For dei fyrste åra etter eit stort nytt nedfall, vil ikkje bidraget frå sopp vere viktig. I DynRein blir bidrag frå sopp lagt til konsentrasjonen som skuldast inntak av anna vegetasjon (dette blir ikkje estimert frå inntak, fordi vi t.d. ikkje veit kor mykje sopp reinsdyr et).



Figur 1 Skisse av DynRein-modellen (frå Skuterud m.fl., (under utarbeiding)).

Matematisk kan modellen for cesium-konsentrasjon (C_m ; Bq/kg) i reinsdyr skrivast:

$$C_m = \frac{Q_t}{0.47M_b} = \left(\frac{1}{0.47M_b} \sum_i D_i \times a_s \times TF_i \times e^{-\ln 2/T_{eco,i}} \times A_t + F_j \right) \times e^{-\ln 2/T_{phys}} + \frac{Q_{t-1}}{0.47M_b} \times e^{-\ln 2/T_{bio}}$$

der:

- Q_t er totalt innhald av ¹³⁷Cs i reinsdyr ved tid t (og Q_{t-1} ved tid $t-1$)
- M_b er kroppsvekta til rein, som er sett til 70 kg (vaksen rein). Muskelmasse (kjøtt) er 47% av kroppsvekta (frå Åhman (2007): Kroppsvekt utan mage-tarm-innhald er 83 % av livvekt, og muskel er 57 % av kroppsvekt utan mage-tarm-innhald, dvs. muskel er 47 % av livvekt)
- D_i er konsum (kg/dag) av vegetasjonsgruppe i (dietten er delt i grasaktige og treaktige planter, urter og lav)
- a_s er deposisjonsnivået av cesium i jorda (Bq/m²)
- $TF_i(t)$ er overføringsfaktor (10⁻³ m²/kg) til vegetasjonsgruppe i ved år t
- $T_{eco,i}$ er økologisk halveringstid (år) i vegetasjonsgruppe i (ikkje inkludert fysisk halveringstid)
- A_t er absorpsjon av ¹³⁷Cs i mage-tarm-kanalen (satt til 61 %)
- F_j er bidraget frå sopp til auke i cesium-konsentrasjon i reinkjøtt om hausten (Bq/kg)
- T_{phys} er fysisk halveringstid for ¹³⁷Cs
- T_{bio} er biologisk halveringstid for cesium i reinsdyr (varierer frå 7 dagar i juni og juli til 30 dagar in desember-mars)

3 Programkode og prosedyre for køyring av modellen

Programmet er utvikla i Python og skrivne i Jupyter Notebook (filekstensjon ipynb). Koden er gitt på dei neste sidene. I starten er det vist kva for Python-bibliotek som trengs for å køyre modellen. Slik den er vist, inneheld koden ein del moglegheiter for sjekk av importerte data og mellomrekningar som kan ryddast bort (slettast).

For å køyre modellen for ein annan stad eller etter eit nytt nedfall må følgjande gjerast:

1. Det må lagast ein tabell med Cs-deposisjon for kvar dag gjennom året, dvs. antekne eller målte deposisjonsverdiar for dei ulike beiteområda reinsdyra brukar gjennom *heile* året. Formatet er vist i følgjande tabell (Cs-verdiar skal vere i kBq/m²). Tabellen må lagrast i csv-format (dvs. punktum må brukast for ev. desimaltal). I eksempelet heiter csv-fila Cs_dep.csv – dette må tilpassast det namnet som blir brukt.

dato	Cs
01.01.1986	58
02.01.1986	58
03.01.1986	59
04.01.1986	60
....	
....	
28.12.1986	55
29.12.1986	56
30.12.1986	56
31.12.1986	57

2. Året (årstalet) for ulykka/nedfallet må leggjast inn, og ein må bestemme kor mange år framover ein vil køyre modellen for. Det er fleire stader i koden at dette må gjerast (også i samband med soppbidrag).
3. For å få riktige modellresultat det året nedfallet skjer, må ein korrigere for at nedfallet neppe skjer den 1. januar. Det gjer ein ved å sette nokre omtrentlege verdiar frå 1. januar til nedfallet skjer, sjå eksempel i koden.
4. Dersom ein skal ta omsyn til sopp, må ein legge inn kategoriane for soppår (lite, middels, mykje). Dersom sopp ikkje blir vurdert som viktig, kan alle år settast til lite, eller talverdiane for lite, middels og mykje kan settast til 0.
5. På slutten av koden må ein også legge inn ein startverdi for Cs-konsentrasjonen i reinsdyra før nedfallet kjem. Den bør vere omtrent reell konsentrasjon. I eksempelet i denne rapporten er det brukt 700 Bq/kg.

Modellresultatet blir presentert i ein enkel graf, og blir også skrivne til csv-fil. Csv-fila har to kolonnar: Dato og Cs-konsentrasjon i Bq/kg. I eksempelet på dei neste sidene heiter resultatfila Cs_rein.csv – dette kan endrast.

