

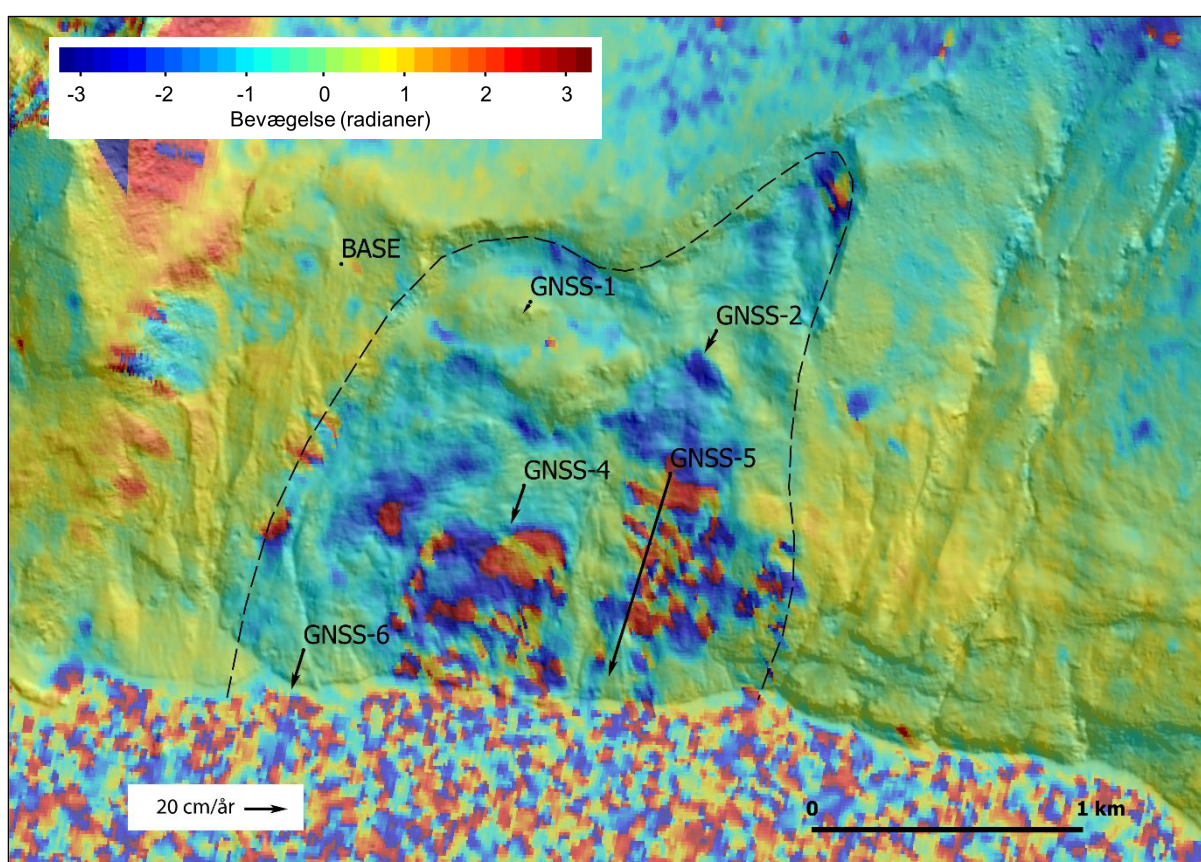
GEUS Notat om analyse af GNSS-data i Karrat 3 2021–2022

Indhold

Indledning	2
Instrumenter	3
Resultater	3
Konklusion.....	8
Videre arbejde.....	8

Indledning

I 2021 blev der installeret seks GNSS-stationer i det ustabile fjeldparti Karrat 3 i den nordlige del af Uummannaq's fjordsystem for at få præcise bevægelsesdata for fjeldpartiet (Figur 1). Fra satellitbaseret InSAR-data var det på forhånd kendt, at bevægelsen i Karrat 3 er heterogen, og at fjeldpartier kan deles ind i en øvre del, som bevæger sig ca. 5–10 cm/år, og en nedre del med hurtigere bevægelser. I den nedre del er der to store områder med dekorrelation i InSAR-signalet pga. høje bevægelsehastigheder. Med InSAR-data kan man dog kun registrere bevægelse i satellittens synsretning, og man kan ikke måle meget hurtig bevægelse som i de nedre dele af Karrat 3. Formålet med at installere GNSS-stationerne var derfor at bestemme den 3-dimensionelle bevægelse, få målinger af de hurtigste dele af fjeldpartiet, samt at undersøge eventuelle sæsonvariationer i bevægelsen.



Figur 1: Kort over Karrat 3 med placering af de seks GNSS-stationer. Pilene viser beregnede gennemsnitlige hastigheder. Farverne i baggrunden viser et InSAR-interferogram fra 21. juli – 2. august 2022, plottet oven på en hillshade fra ArcticDEM. De støjfyldte områder i den nedre del af Karrat 3 viser dekorrelation af InSAR-signalet pga. høje bevægelsehastigheder.

Instrumenter

GNSS-Instrumenterne blev specialudviklet og bygget af GEUS' teknikere med henblik på at få instrumenter, som kan fungere med meget lav strømtilførsel, således at de kan logge data hele året med strøm fra et enkelt solpanel og to 12V batterier.



Figur 2: Foto af en af de specialudviklede GNSS-stationer, som er installeret i Karrat 3. Antennen er den hvide skive øverst på trefoden. GNSS-modtageren og batterier er i den sorte pelicase under trefoden. Trefodens ben er spændt ud med metalwire og tynget ned med sten for at øge stabiliteten.

En GNSS-station blev placeret på skråningen vest for det ustabile område for at kunne fungere som basestation. De øvrige fem GNSS-stationer blev placeret spredt i fjeldpartiet med to stationer i den øvre, langsommere del, og tre stationer i den nedre, hurtigere del. Under placeringen blev der taget hensyn til de forhåndenværende InSAR-data for at sikre, at stationerne var placeret i områder med forskellig bevægelse, samt at der i den nedre del var en station i et af de områder, hvor bevægelsen er for hurtig til InSAR.

Instrumenterne var indstillet til at registrere data hvert 15. sekund i 2,5 timer per dag. Indstillingen blev valgt for, at der kunne fås nok data til at beregne sikre positioner, samtidigt med at strømforbruget ville være så lavt, at instrumenterne kunne logge data hele året. Basestationen var nede nogle dage i maj-juni 2022, hvilket sandsynligvis skyldtes, at et dyr havde gnavet i antennekablet, men kom op at køre igen som normalt efter nogle dage.

Resultater

Basestationens daglige positioner er beregnet med PPP (Precise Point Positioning) (Figur 3). Usikkerheden er 3,5 mm (1σ) i de horisontelle positioner og 5 mm (1σ) i de vertikale positioner, hvilket er meget tilfredsstillende for bare 2,5 times data. Basestationen viser ingen signifikant bevægelse ud over usikkerheden, hvilket indikerer, at den var stabil. Der er

dog en antydning af indsynkning i juni–juli 2022, hvilket kunne skyldes, at den overflade som basestationen stod på, sank lidt ind, da den tørrede op efter snesmeltningen.

Der er beregnet daglige relative positioner mellem basestationen og de fem stationer i det ustabile område (Figur 4–8), og den gennemsnitlige hastighed er estimeret ved lineær regression (Tabel 1). Dette viser, at stationerne i den øvre del af Karrat 3 (GNSS-1 og GNSS-2) bevæger sig henholdsvis ca. 5 cm/år og 11 cm/år, mens stationerne i den nedre del bevæger sig med 19 cm/år eller mere (GNSS-4, GNSS-5 og GNSS-6). Den hurtigste bevægelse måles på GNSS-5 med 115 cm/år. GNSS-5 er den eneste af de fem stationer, som er placeret i et område hvor InSAR-signalet dekorrelerer pga. høje hastigheder (se Figur 1).

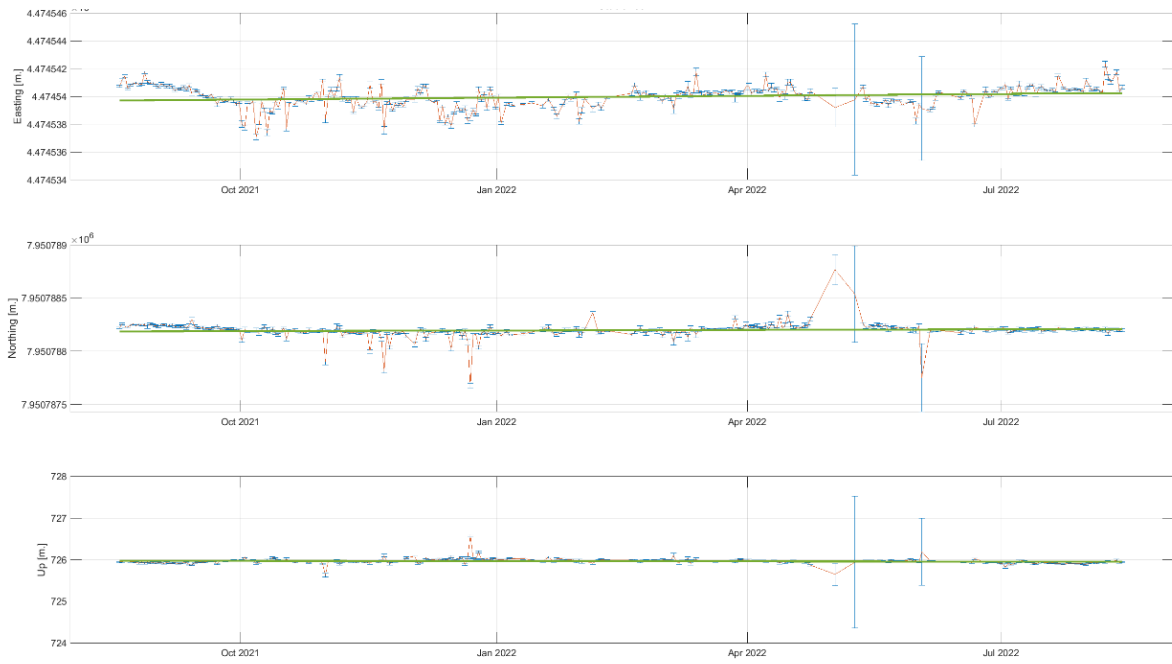
Stationerne bevæger sig konsistent i retning ca. 200° fra nord, dvs. mod syd-sydvest. Hældningen varierer fra 17°–38°. Den største hældning er på GNSS-1, som står nær bagvæggen, hvor der kan forventes at være et element af rotation, hvilket vil give en større hældning. På de tre stationer GNSS-2, GNSS-4 og GNSS-5, som står mere centralt i fjeldpartiet, er der hældning på 21°–25°. Den laveste hældning på bare 17° er på GNSS-6 i den nederste del af fjeldpartiet, hvilket indikerer, at der tæt ved kysten er et element af rotation ud mod skråningen. Gode bevægelsesdata i den nederste del af skråningen er vigtige for at bestemme udbredelsen af det ustabile fjeldparti under vandet.

Overordnet set er de målte bevægelser konsistente og stemmer godt overens med de observerede InSAR-data.

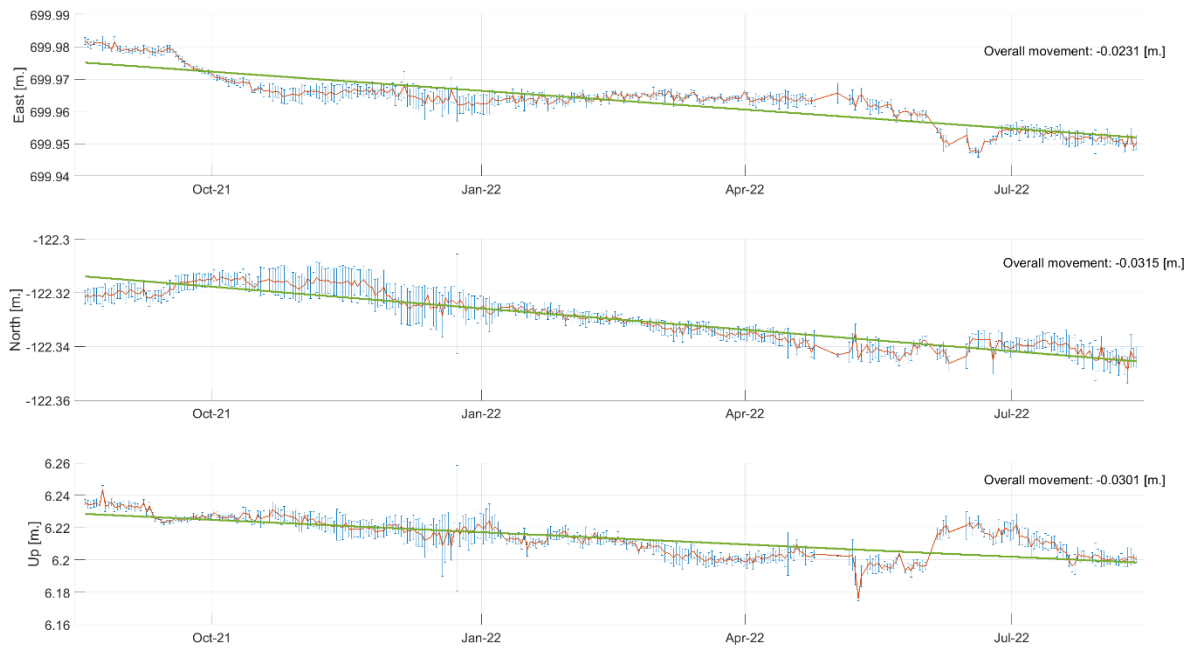
Tabel 1: Gennemsnitlige hastigheder og retning af bevægelsen på de fem GNSS-stationer i Karrat 3

	Øst (cm/år)	Nord (cm/år)	Op (cm/år)	Total (cm/år)	Retning (° fra N)	Hældning (°)
GNSS-1	-2,3	-3,1	-3,0	5	216	-38
GNSS-2	-5,0	-9,1	-4,0	11	209	-21
GNSS-4	-5,9	-17,1	-7,0	19	199	-21
GNSS-5	-30,2	-99,9	-48,0	115	197	-25
GNSS-6	-5,4	-17,7	-5,8	19	197	-17

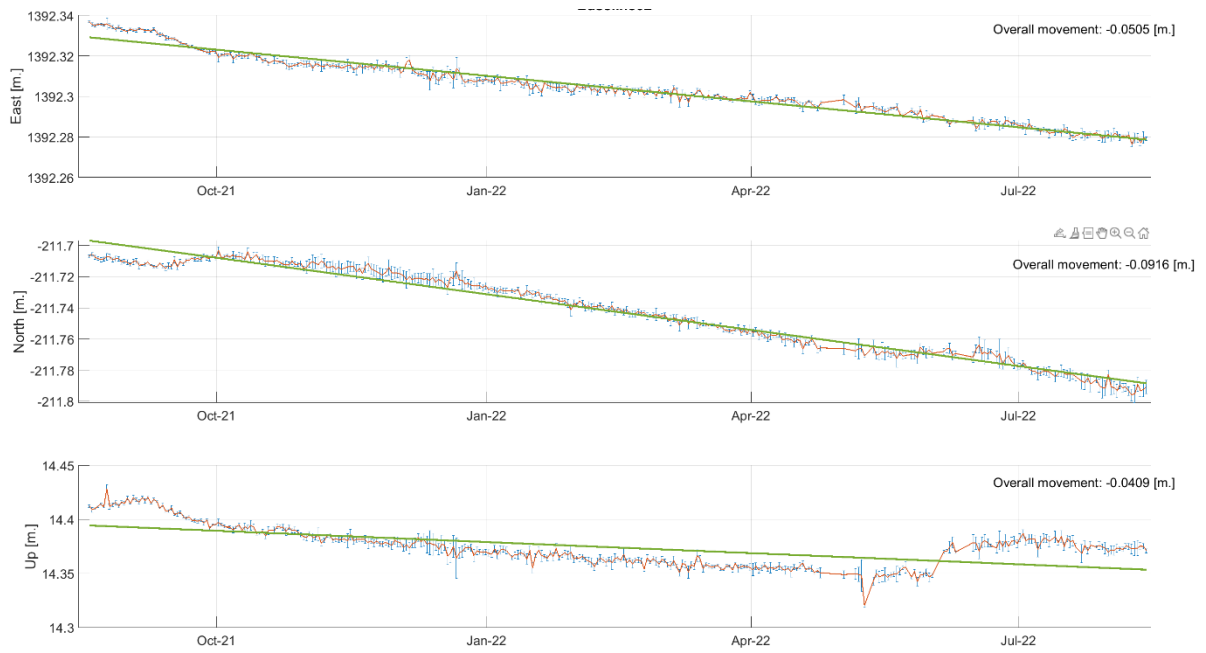
Der ses muligvis sæsonvariationer i form af hurtigere bevægelse i september–oktober og maj–juni på flere stationer. Signalerne er dog ikke entydige eller signifikante på alle stationer, så der er brug for længere tidsserier for at vurdere, om der er reelle sæsonvariationer. Der er et lille tilsyneladende opløft på alle stationer i juni 2022, hvilket kan være et artefakt forårsaget af indsynkning af basestationen på det tidspunkt.



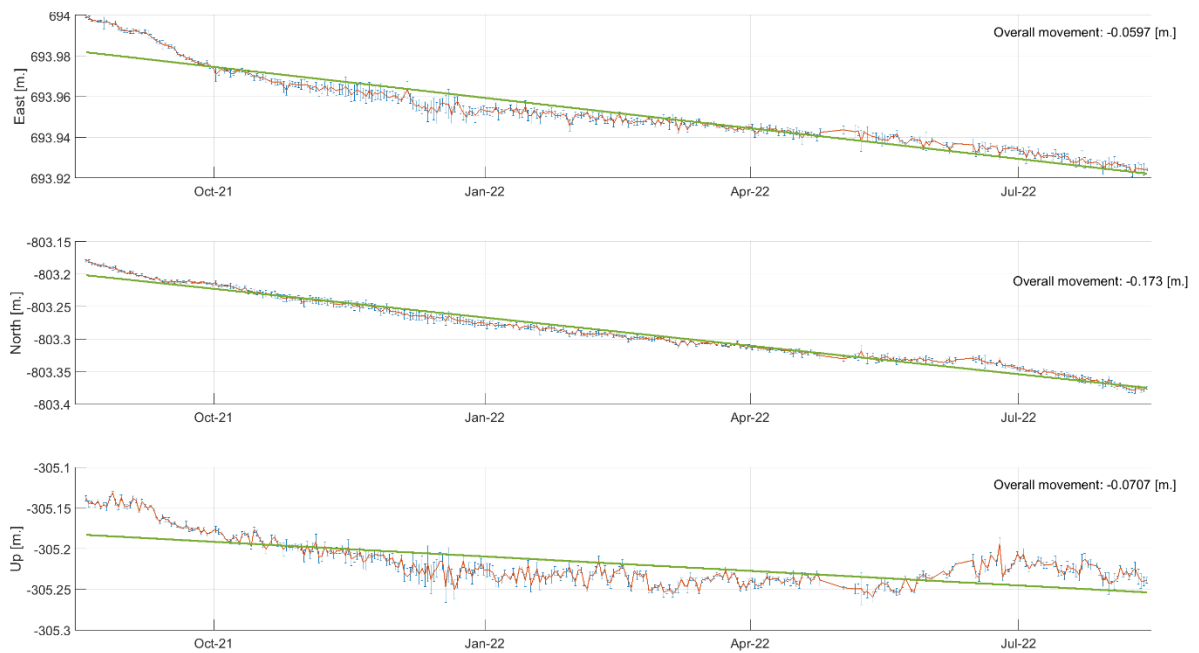
Figur 3: Daglige PPP-positioner af basestationen.



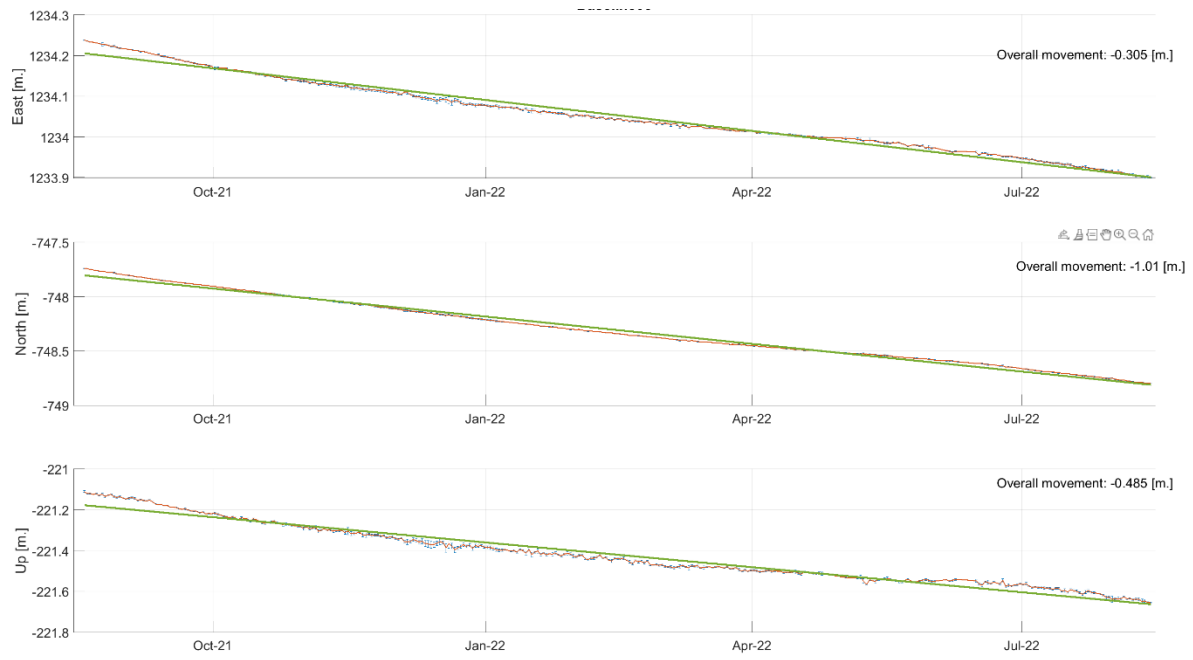
Figur 4: Relativ bevægelse af GNSS-1 i forhold til basestationen.



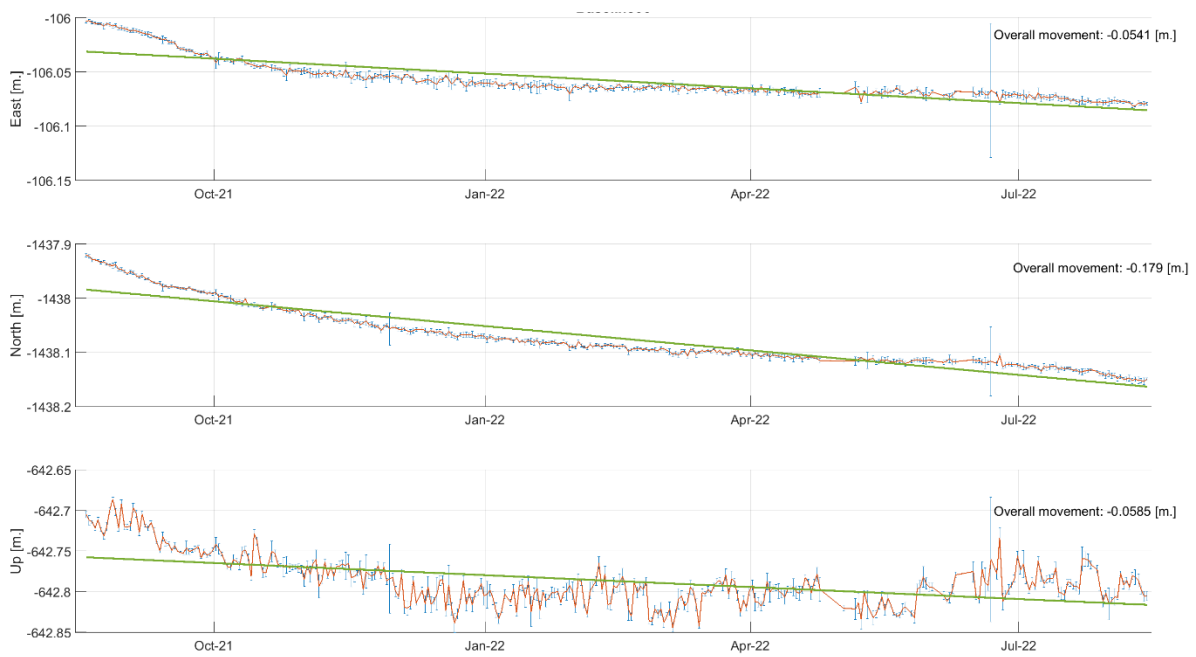
Figur 5: Relativ bevægelse af GNSS-2 i forhold til basestationen.



Figur 6: Relativ bevægelse af GNSS-4 i forhold til basestationen.



Figur 7: Relativ bevægelse af GNSS-5 i forhold til basestationen.



Figur 8: Relativ bevægelse af GNSS-6 i forhold til basestationen.

Konklusion

Konklusionen efter et års indsamling af GNSS-data er, at de specialbyggede instrumenter fungerede godt og loggede data hele året med et acceptabelt støjniveau på den strømkilde, de var forsynet med, og under de udfordrende klimatiske forhold som er i Karrat fjorden.

Ud over overordnet at bekræfte InSAR-observationerne fra de seneste år, giver de indsamlede GNSS-data mere detaljerede og præcise oplysninger om bevægelsesmønsteret i Karrat 3.

Videre arbejde

I forbindelse med feltarbejdet i august 2022 blev de tre stationer i de nedre hurtige dele af Karrat 3 nedtaget og flyttet til et andet ustabil fjeldparti, Kigarsima, i Uummannaqs fjordsystem. Samtidigt blev basestationen flyttet til plateauet over Karrat 3. Instrumenterne transmitterer endnu ikke data, men de vil kunne opgraderes til at kommunikere via VSAT eller G4. Dette vil kræve yderligere udvikling af software samt montering af en radiosender på instrumenterne.