

# Offentlig tilgængelig dynamisk GIS platform – Fase1

Erhvervsfyrtårn for vandteknologi

Juli 2023



LEMVIG VAND



Silkeborg Forsyning

SKIVEKOMMUNE



GEO  
PARTNER

**midt**  
regionmidtjylland

DEN EUROPÆISKE UNION  
Den Europæiske Socialfond



DEN EUROPÆISKE UNION  
Den Europæiske Fond  
for Regionaludvikling



Finansieret som et led i EU's reaktion  
på COVID-19-pandemien

Vi investerer i din fremtid

## Indholdsfortegnelse

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.0 Indledning .....                                                                 | 2  |
| 1.1 Formål .....                                                                     | 2  |
| 1.2 Anvendelse af højdeinformation i forsyningssammenhæng .....                      | 2  |
| 1.2.1 Anvendelse af højdedata ved Klimatilpasning .....                              | 3  |
| 1.3 Baggrund – erfaringer med højder og lokale sætninger .....                       | 4  |
| 1.3.1 Erfaringer med højdebestemmelse fra Lemvig Vand A/S .....                      | 5  |
| 1.4 Danmarks højdefikspunkter .....                                                  | 8  |
| 1.5 Højdemåling i praksis .....                                                      | 8  |
| 1.6 Bestemmelse af landbevægelser fra satellitter .....                              | 9  |
| 1.6.1 Fra registreret niveauændring til Ledningsregistrering .....                   | 10 |
| 1.7 Højdemåling ved brug af radarreflektorer .....                                   | 11 |
| 1.8 Opsummering .....                                                                | 12 |
| 2.0 Projektet Offentlig tilgængelig dynamisk GIS platform .....                      | 13 |
| 2.1 Opstilling af radarreflektorer i Skive Kommune og hos Tønder Forsyning A/S ..... | 13 |
| 2.1.1 Baggrund – reflektor 1 .....                                                   | 14 |
| 2.1.2 Baggrund – reflektor 2 .....                                                   | 14 |
| 2.1.3 Det forventede udbytte for Skive Kommune .....                                 | 15 |
| 2.2 Generelle erfaringer fra opstilling af reflektorer .....                         | 15 |
| 2.2.1 Reflektorer som blikfang ift. øget fokus på højder .....                       | 15 |
| 2.3 Koordineret opstilling af radarreflektorer .....                                 | 15 |
| 3.0 Deling af højdedata .....                                                        | 17 |
| 3.1 MapGM .....                                                                      | 17 |
| 3.1.1 Fra satellitdata til andre systemer .....                                      | 18 |
| 3.1.2 Øvrige betragtninger vedr. deling af data .....                                | 19 |
| 3.2 SDFI – som holder af ”ekstra” højdedata .....                                    | 19 |
| 3.3 GeoFA– som holder af ”ekstra” højdedata .....                                    | 20 |
| 3.3.1 Hvad er GeoFA? .....                                                           | 20 |
| 3.3.2 Tekniske betragtninger vedr. dataudveksling .....                              | 21 |
| 3.3.3 Videre proces .....                                                            | 21 |
| 4.0 Living Lab Klimatorium .....                                                     | 22 |
| 4.1 Testområdet .....                                                                | 22 |
| 4.2 Opmåling og beregning af data .....                                              | 24 |
| 5.0 Opsamling og perspektivering .....                                               | 27 |

## 1.0 Indledning

Denne rapport er udviklet i projektet "Offentlig tilgængelig dynamisk GIS platform – Fase 1" som en del af Erhvervsfyrtårn for vandteknologi, hvilket er baseret på REACT-EU-midler fra Danmarks Erhvervsfremmebestyrelse. Projektet er gennemført i perioden februar 2022– august 2023 som et led i Fase 1 af erhvervsfyrtårnsprojekterne.

Projektet omfatter en fysisk etablering af 2 reflektorer i hhv. Skive Kommune og ved Tønder Forsyning A/S. Herved forefindes der XYZ-koordinater for disse reflektorer, som enten kan anvendes som de foreligger, eksporteres – eller integreres med andre datasamlinger.

Rapporten omhandler desuden hvorledes højdeinformationer anvendes i dag, og hvilke perspektiver der ligger i at skabe basis for mere dynamisk vedligehold af højdeinformationer (XYZ-koordinater) – og hvorledes disse kan distribueres og deles, til gavn for små og mellemstore virksomheder (SMV'er) og store virksomheder.

Rapporten er disponeret således, at kapitel 1 omhandler erfaringer ved brug af højdeinformationer mens kapitel 2 beskriver hvorledes der er installeret radarreflektorer i hhv. Skive og Tønder. Kapitel 3 indeholder forslag til en mulig vej for deling af aktuelle højdedata, mens kapitel 4 beskriver hvorledes det er muligt selv at afprøve forskellige opmålingsmetoder og sammenligne resultater med tidligere målinger – alt sammen for at synliggøre at højdedata visse steder er dynamiske. Generelt tager rapporten afsæt i Lemvig Vand A/S som case område. I rapporten findes en række hyperlinks til rapporter, dokumenter mv. som der kan henvises til for yderligere information.

### 1.1 Formål

Hovedformålet med projektet er at skabe opmærksomhed omkring højdeinformationer, og det faktum at højder visse steder ikke forbliver statiske over tid. Dette er nyt ift. at man traditionelt har målt et punkt én gang og herefter har forventet at det forbliver stabilt. For at have et retvisende datagrundlag til udførelse af nye projekter samt vedligehold af eksisterende aktiver kan gentagne målinger af udsatte områder komme på tale. Dette er bekosteligt, og man søger altid de mest effektive metoder til at levere de ønskede resultater.

Lemvig Vand A/S har igennem flere år arbejdet med opstilling af radarreflektorer og anvendt disse til at få beregnet lokale sætninger over en del af forsyningsområdet – og fået disse korrektioner til ledningsregistreringen implementeret i deres GIS-system. Indsatsen har gennem årene været koncentreret omkring Thyborøn, men er senere udvidet til også at området ved Harboøre. Der foreligger herved en mængde præcise og ajourførte højdeinformationer som evt. kan anvendes af andre. Det er på denne baggrund projektet undersøger, hvorledes disse data evt. kan distribueres og hvem der kan have gavn heraf.

Men for at øge anvendelsen af præcise højdedata kræver det også at der er fokus og opmærksomhed på denne problemstilling, og det er på denne baggrund projektet også omfatter etablering af reflektorer hos Tønder Forsyning A/S og i Skive Kommune – som et synligt tegn på at højdeinformationer er vigtige.

### 1.2 Anvendelse af højdeinformation i forsyningsammenhæng

Forsyningsvirksomheder har en stor del af deres aktiver investeret i ledningsnettet, og har derfor helt naturligt fokus på dokumentationen heraf. Datagrundlaget anvendes i forbindelse med drift- og vedligehold, projekter og indgår for vand- og spildevandsforsyninger i beregningen af den økonomiske ramme.

Korrekte højdeinformationer har helt naturligt størst betydning i systemer, hvor gravitation anvendes som metode til at flytte vandet. Indenfor kloakforsyning er det den foretrukne metode, hvis topografien tillader dette, hvor der i tryksatte systemer typisk ikke stilles de samme krav til højdenøjagtigheder – da vand her godt kan ”løbe opad”. Højderne og dermed hældningen på kloakrørene er også bestemmende for, om systemet fungerer som forventet driftsmæssigt, hvilket igen har indvirkning på levetiden af rørene – og dermed forsyningens økonomi.

Ser vi på andre ledningsarter, ex. vandforsyning, så kan uens sætninger medvirke til spændinger, der igen kan udløse brud på rørene – derfor er brudlinjer i sætningskort også relevante for andre ledningsejere.

Med andre ord kan lokale ændringer i højder både påvirke funktionen og levetiden.

Data baseret Asset management er her et centralt begreb og omhandler hvorledes man forvalter sine aktiver bedst muligt, og derigennem både sikrer stabil drift og samtidigt en god driftsøkonomi. Mange taler om datadrevne beslutninger og en grundlæggende del af disse data er XYZ-koordinater (samt beskrivende metadata).

Ser man nærmere på kravene til højdebestemmelse i de danske spildevandsforsyninger, så har Geopartner udarbejdet registreringsvejledninger for ca. 20 spildevandsforsyninger. Her ligger kravene til højdenøjagtighed - med en enkelt undtagelse - på +/- 2 cm. Det antyder, at der i branchen er en vis konsensus herom. Projektdeltagerne Silkeborg Forsyning og Lemvig Vand A/S opererer begge med et krav på 2 cm. højdenøjagtighed ift. kloaksystemet. Ved indmåling iagttager man disse nøjagtighedskrav, men udfordringen kan opstå, hvis lokale sætninger stille og roligt påvirker højdeniveauet – og millimeter kan over tid blive til centimeter.

Da der over tid investeres betydelige beløb i indmåling af ledningsnettet, og dette typisk er ret nøjagtigt bestemt, så er det vigtigt at huske, at disse højdeinformationer også kan anvendes i andre sammenhænge og dermed skabe mere samlet værdi. Kan disse data deles på tværs af organisationer øges nytteværdien, hvilket igen kan styrke indsatsen med at holde data kontinuerligt opdaterede.

### 1.2.1 Anvendelse af højdedata ved Klimatilpasning

Terræn kombineret med vand under indvirkning fra tyngdekraften gør, at vandet altid finder en vej, hvor terrænet gør det muligt. Dette er grundprincippet i fremstilling af oversvømmelseskort, bluespot kort og andre visualiseringer af, hvor vandet samles under givne omstændigheder. Så ingen oversvømmelseskort uden absolutte højder, og jo bedre bestemte højder jo mere retvisende visualiseringer af oversvømmelser.

Danmarks højdemodel (DHM) er med rette et meget anvendt dataprodukt og kan kombineres med applikationer hvor man kan fastsætte en given havvandsstand eller ”hælde” en vis mængde vand på terræn, og se hvorledes arealer oversvømmes – og anvendes derfor i vid udstrækning. DHM vedligeholdes på en måde hvor landet er delt ind i 5 områder, hvor der så kortlægges et område pr. år – med andre ord vil et givet område blive opdateret hvert 5. år. I [specifikationen](#) for DHM fremgår det at den vertikale nøjagtighed er 6 cm.

Spørgsmålet er så om lokalt registrerede højder med en dokumenteret kvalitet (bedre end DHM) kan anvendes i samspil med andre data, som ex. DHM?

Da der kan foreligge mere aktuelle højdedata, ex. skabt ud fra satellitter, som også kan være mere aktuelle, så kunne det give mening af undersøge mulighederne nærmere. Det rejser dog også spørgsmålet om, hvorledes hybride datasæt kan gøres operationelle, og hvordan man skal beskrive kvaliteten af det nye samlede produkt?



Men tager man eksemplet fra Thyborøn, hvor 9 radarreflektorer og godt 1300 brønddæksler er kortlagt med en garanteret højdenøjagtighed bedre end 2 centimeter, og hvor det samtidigt er dokumenteret at visse steder i området sker der en sætning på knap 1 cm. om året, så kan det give mening og værdi at inddrage disse data i ex. kortlægning af den fremtidige oversvømmelsesrisiko.

Netop mere fladedækkende registreringer af større områder kunne være interessante, ex. også ift. oversvømmelse fra vandløb.

I eksemplet fra Thyborøn er der fremstillet et kort som via interpolation viser hvorledes landet sætter sig, og det afslører i øvrigt i det aktuelle område at der ikke er tale om en ensartet sætning.

I mindre lokal skala kan man fremdrage en case som højvandsmuren i Lemvig, der også monitoreres. Her vil de udførte målinger være oplagt at implementere i højdemodellen, hvorefter man kan "hælde vand på" og få det allermest retvisende billede ift. oversvømmelser – herunder også ift. at lave fremskrivninger, når der faktisk er konstateret en kontinuerlig sætning på muren.



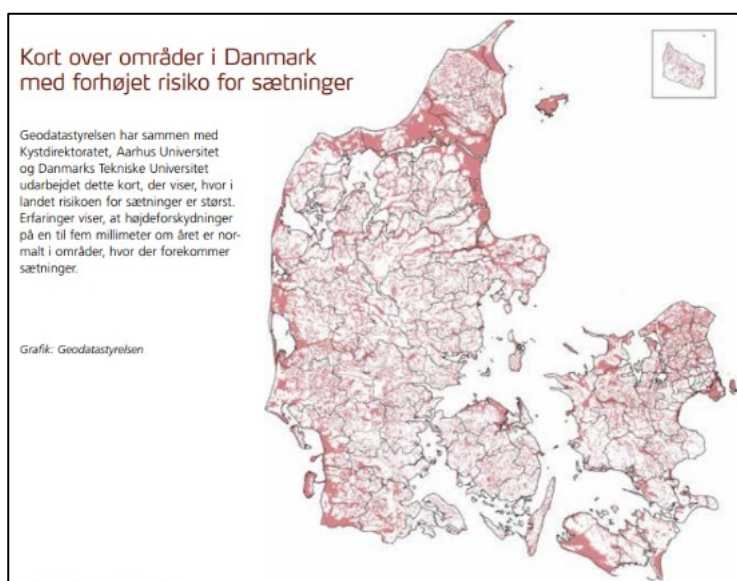
*Figur 1 Sætningsrater Thyborøn, hvor de mørke områder har de største sætninger på ca. 1 cm. pr. år.*

### 1.3 Baggrund – erfaringer med højder og lokale sætninger

Tidligere rapporter og artikler har dokumenteret at Thyborøn sætter sig og den underjordiske infrastruktur følger med i samme tempo. Spørgsmålet er om vertikale landbevægelser alene er et Thyborøn fænomen eller om tendensen ses i andre områder?

Geopartner arbejder med satellitbestemte højder over hele Danmark og erfaringerne viser, at der er udfordringer flere steder, bl.a. grundet geologiske forhold, opfyldte arealer eller pga. af andre påvirkninger ex. fra havet. Sætninger kan true infrastruktur og ejendom, og kan derfor lokalt være en reel udfordring – som forklaret i denne [video](#).

Dette svarer i øvrigt godt overens med den kortlægning som er udført ift. at bestemme arealer med særlig risiko for lokale sætninger, som vist på billedet.



*Figur 2 Risikokortlægning for lokale sætninger. Kilde Teknisk rapport nr. 17, Geodatastyrelsen.*

Udfordringen ligger bl.a. i, at dette ikke kan betragtes som almen viden, og derfor har det hidtil været praksis, at når man har lavet en præcis højdebestemmelse, så har man gået ud fra, at disse højder ikke ændres over tid. Og lokale bevægelser kan være få millimeter om året, men i løbet af 10-20-30 år, så bliver millimeter til centimeter. Da højdefikspunkterne anvendes til mange forskellige formål – såsom opførelse af teknisk infrastruktur som veje og ledningsanlæg, opførelse af bygninger mv. giver det med tiden udfordringer, hvis den fælles reference – højden i et fikspunkt – ændres over tid.

Endelig ligger der en grundlæggende udfordring i, at det nationale højdesystem DVR90 er beregnet ud fra en gennemsnitlig middelvandstand, der med tiden også ændres – uden at referencesystemet løbende følger med.

Historisk set har man fra statens side cirka skiftet højderference med cirka 40 års interval. Havvandsstigninger på selv 4-5 millimeter om året bliver med tiden til adskillige centimeter, og særligt i kystnære områder betyder det, at den officielle højde på et punkt, reelt burde fratrækkes det antal centimeter som vandet er steget siden sidste beregning. Dette er nok ikke praktisk muligt at inddrage i højdebestemmelsen, da "dagens højde" populært sagt uundgåeligt vil føre til misforståelser om, hvad man reelt taler om. Derfor indgår denne problematik ikke yderligere i denne rapport.

Det er på denne baggrund dette projekt tager udgangspunkt i erfaringer med lokale sætninger, der af forskellige årsager har affødt en nyopmåling af kendte punkter, og dermed en fornyet viden om det aktuelle og korrekte højdeniveau samt de sætninger der kan konstateres.

Aktuelle og korrekte data er i sagens natur vigtige når man udfører nye projekter der skal udfylde en funktion i mange år fremover eller ved drift af eks. anlæg.

### **1.3.1 Erfaringer med højdebestemmelse fra Lemvig Vand A/S**

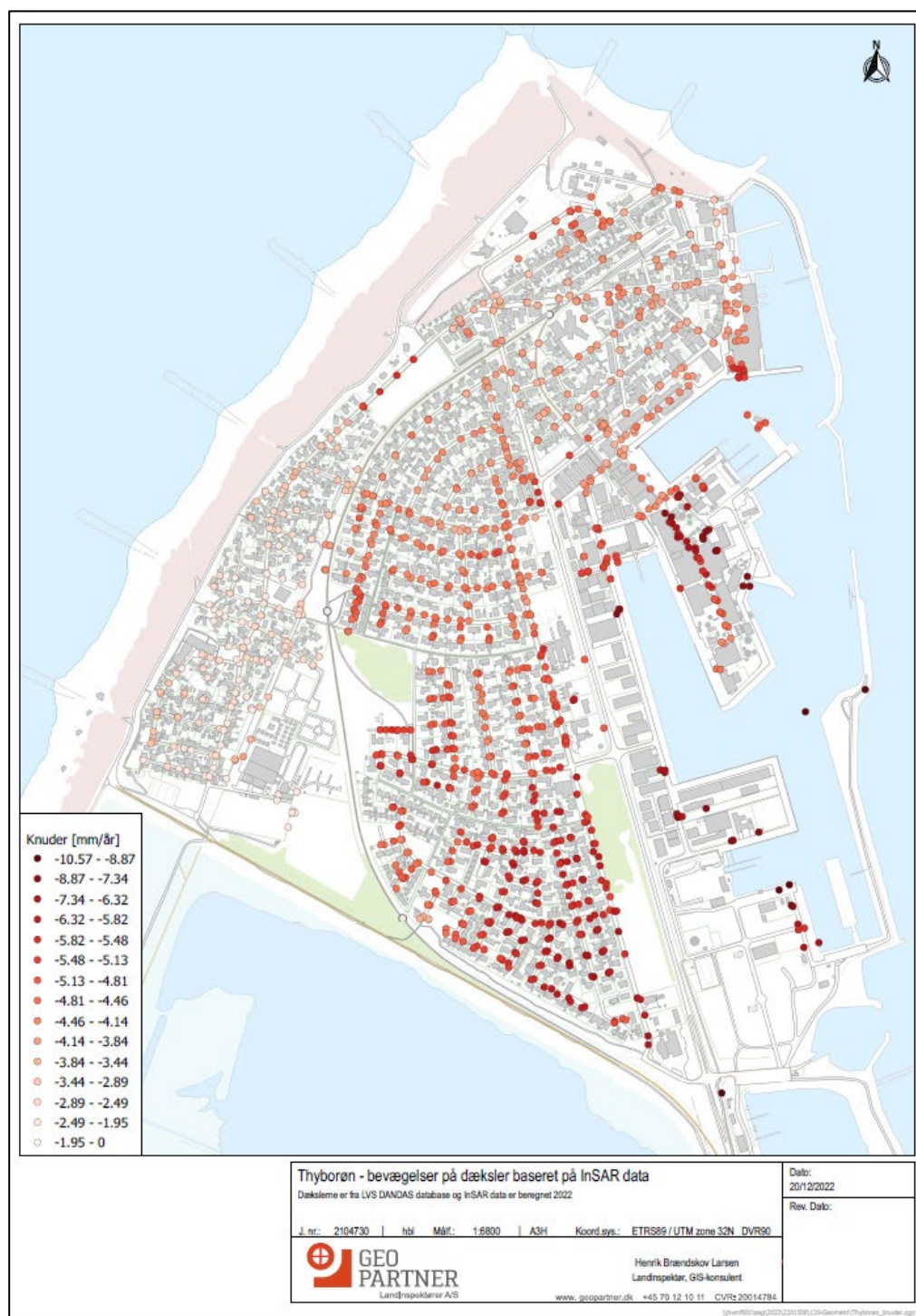
Historisk set har Lemvig Vand A/S – i lighed med andre forsyninger i Danmark – været igennem en kommunesammenlægning og efterfølgende selskabsdannelse og derfor fået samlet forskellige datasæt hvor kvalitet og oprindelse indimellem har været vanskelig at identificere. Samtidigt har man i forsyningsområdet flere områder der er klimaudfordrede, hvorfor dette tilsammen har nødvendiggjort et fokus på at sikre den samlede datakvalitet. Dette er bl.a. sket gennem aktiv deltagelse i en række udviklingsprojekter hvor Lemvig Vand A/S har bidraget til afprøvning af nye metoder, som andre forsyninger har mulighed for at tage i anvendelse.

Lemvig Vand A/S har deltaget i udviklingen og udbredelsen af radarreflektorer og anvendelse af satellitdata til højdebestemmelse som first mover, og dette afsnit omhandler i kort form en beskrivelse af nøgleaktiviteterne og resultaterne herfra.

I 2019 gennemførte Lemvig Vand A/S projektet SASLO (SATellitdata til Strategisk Ledningsnet Overvågning), hvilket var et projekt hvor satellitdata løbende skulle integreres med eksisterende hydrauliske modeller, for herved at kunne opstille dynamiske hydrauliske modeller. Et projekt som særligt skulle have en positiv effekt i forhold til langtidsplanlægning af investeringer og drift. Geopartner bistod sidst i projektet med at demonstrere, at højdeinformationer skabt ud fra satellitdata kunne integreres med brønde i et forsyningsnet.

Efterfølgeren til dette projekt blev "C17 Thyborøn By og Havn - Klima, kloak og sætninger" hvor der blev arbejdet særdeles grundigt med alle de parametre som påvirker klima og kloakken. Det blev bl.a. påvist gennem sammenligninger mellem traditionelle kvalitets-opmålingsmetoder og satellitberegnete højder, at der var overensstemmelse imellem disse, og at "opmåling" fra Satellit derfor kvalitativt minimum kunne sidestilles med disse metoder. Herudover blev der lavet sammenligninger til traditionel GPS måling der i dette område viste at 95% af højdemålingerne var bedre end 7 cm. mens det blot var ca. 25% af målingerne som holdt sig indenfor den krævede tolerance på 2 cm.

I 2022 blev den første totale opdatering af koter for alle brønde i Thyborøn gennemført alene ud fra Satellitdata, og resultatet heraf er implementeret i DANDAS databasen. De registrerede årlige bevægelser er afbilledet nedenfor, og udgør op til ca. 1 cm. om året.



Figur 3 Beregnede sætninger for kloakdæksler baseret på InSar beregning

Erfaringerne fra de tidligere projekter er benyttet i et nyligt afsluttet registreringsprojekt i Harboøre.

Som tidligere nævnt stammer den eksisterende ledningsregistrering fra tidligere kommuner, og der er usikkerhed omkring kvaliteten af registreringen, såvel ift. præcision/målemetoder men også ift. netsammenhæng. For at have et retvisende ledningsnet til brug i mange forskellige sammenhænge, så er koblingen i ledningsnettet en vital information, og stikprøver i Harboøre viste en række udfordringer.

På baggrund heraf blev det besluttet at opmåle/registrere alle brønde i området for at sikre et solidt fremtidigt datagrundlag for Satellit-baseret opdatering af højdeinformationer. Da Lemvig Vand A/S har et



krav om højdenøjagtighed på 2 cm., og at der allerede var etableret en reflektor i området, så blev det besluttet at anvende Enkeltstations RTK måling til hele området – som alternativ til tidligere metoder bestående af GPS måling (XY) og præcisionsnivelement (Z).

Kort fortalt går Enkeltstations RTK måling ud på, at man monterer en basestation ovenpå radarreflektoren (der er meget præcist bestemt i XYZ) og denne kommunikerer med GPS'en som man måler med i nærområdet. Da der bl.a. er en afstandsafhængig fejl ved GPS måling, så betyder den korte afstand til basestationen, at præcisionen forbedres.

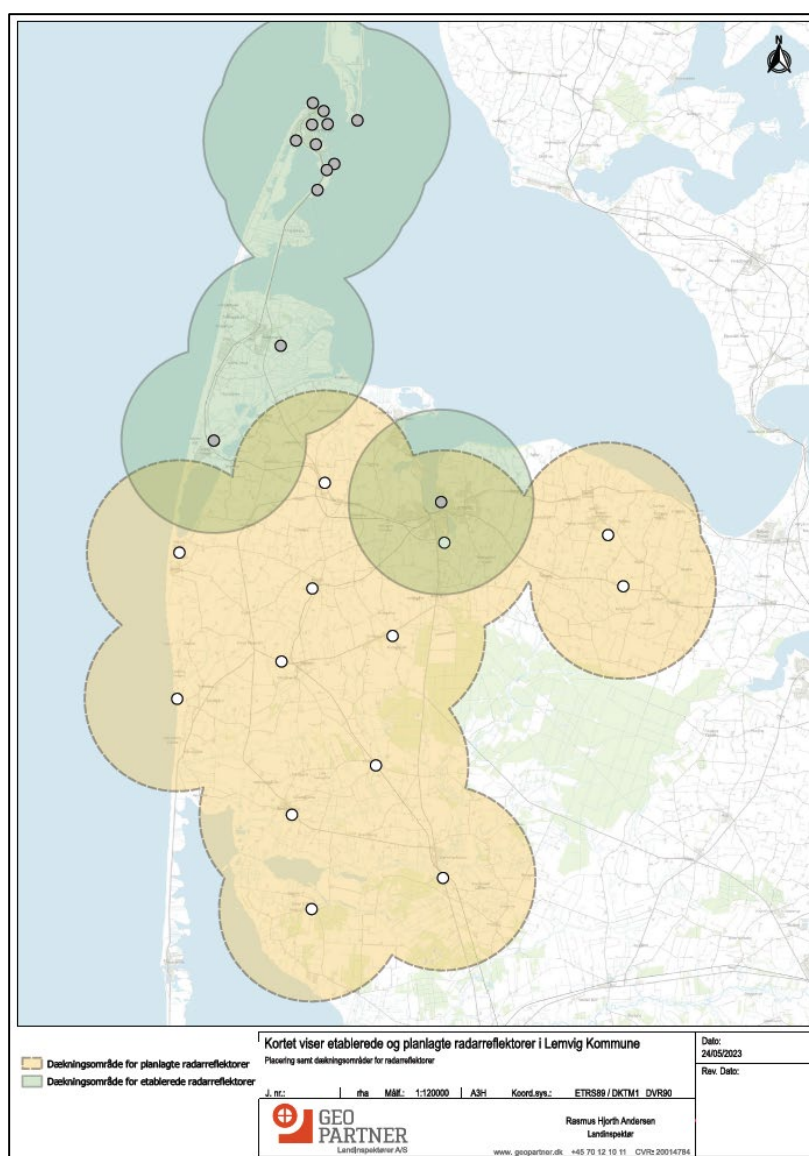
Opgaven er i skrivende stund igangværende og afsluttes i nærmeste fremtid. Skift af metode til løsning af opgaven vil medføre en omkostningsreduktion ift. de tidligere anvendte metoder.

I Klimatorium arbejder man med projektet kaldet [Storskala test i et fuldt separatloakeret forsyningsområde](#) hvor formålet er at stille en række test- og demonstrationsfaciliteter til rådighed for virksomheder indenfor vandteknologi.

Som en del af dette projekt etableres der 13 radarreflektorer fordelt over hele forsyningsområdet som virksomheder kan anvende til fuldskala afestning af mulighederne for anvendelse af satellitdata. Kortet viser placeringen af reflektorerne, og der er med cirkler markeret de områder, hvor man vil kunne anvende den beskrevne enkeltstations RTK målemetode med høj højdenøjagtighed.

De grønne cirkler viser allerede etablerede reflektorer mens de gule viser dækningsområdet for de nyetablerede reflektorer.

Området ved Klosterheden er ikke dækket ind, men her har forsyningen heller ikke nogle forbrugere og ledningsnet.



Figur 4 Oversigt over samlet net af radarreflektorer og dækning for brug af enkeltstations RTK GPS.



I Lemvig Kommune er der i dag registreret 824 højdefikspunkter i Valdemar, og fremadrettet vil disse i udstrakt grad kunne erstattes af de i alt 25 etablerede radarreflektorer såfremt man udelukkende benytter Enkeltstations RTK målemetoden. Radarreflektorerne i forsyningsområdet for Lemvig Vand A/S vil dermed *udover* at kunne indgå i satellitberegninger af lokale sætninger, også kunne anvendes til GPS opmåling af ledningsnet mv.

Resultatet kan være en fremtidig mere kosteffektiv opmåling ift. andre traditionelle metoder, under opretholdelse af høj nøjagtighed, hvilket også bidrager positivt til den samlede businesscase.

Hvis indsamlede data desuden kan deles og anvendes i andre sammenhænge end oprindeligt tiltænkt, så øges den samfundsmæssige værdi herved.

#### 1.4 Danmarks højdefikspunkter

I Danmark er der cirka 70.000 såkaldte højdefikspunkter, som tilsammen udgør referencenettet. Referencenettet består af et stort netværk af punkter, hvor vi kender de enkelte punkters absolutte placering og højde over middelvandstanden. Disse punkter kan tilgås gennem portalen [Valdemar](#).

Højdefikspunkterne er hovedsageligt etableret i 1940'erne og frem. SDFI har ansvaret for 30 % af fikspunkterne, som udgør det landsdækkende hovednet, og kommunerne har, sammen med andre brugere, ansvaret for resten af fikspunkterne – det såkaldte detailhøjdenet.

Situationen er dog, at langt størstedelen af højdefikspunkterne i detailhøjdenettet ikke bliver genopmålt, og derfor risikerer at være unøjagtige og upålidelige til højdebestemmelse. Det er desuden ikke umiddelbart muligt at se historikken på fikspunkterne, og herved er man ikke klar over om der er usikkerhed omkring bestemmelsen på et givent punkt.

Herved kan der skabes tvivl om hvorvidt andre indmålte punkter, der tager udgangspunkt i det givne højdefikspunkt, også holder den nøjagtighed som slutproduktet forventes at overholde?

Statistikker omkring brugen af Valdemar dokumenterer at der forespørges på højdefikspunkter dagligt, selvom dette ikke kan tages som udtryk for, at de så også alle bliver anvendt i opmålinger. Men det er meget sandsynligt.

#### 1.5 Højdemåling i praksis

Der er grundlæggende 2 metoder til at måle højder:

- GPS måling, som direkte leverer en absolut højdebestemmelse i DVR90.
- Totalstationsmåling eller nivellement, der gør brug af højdefikspunkter for at bestemme absolutte højder.

Da det altid bør være de stillede krav der dikterer målemetoden – og ikke omvendt – så vil en korrekt udført måling med totalstation eller nivellement kunne levere en højdenøjagtighed på ca. 1 cm. (under forudsætning af at højdefikspunkterne er korrekte).

GPS-måling vil derimod have en absolut højdenøjagtighed som svinger fra måske et par centimeter og op til 5-7 cm. Den absolutte højdenøjagtighed er påvirket af en række faktorer udover selve instrumentets relative nøjagtighed, hvilket vi ikke kommer nærmere ind på i denne rapport.

GPS-måling har følgende fordele ift. totalstation og nivellement:

- Det er simpelt at anvende.
- Det er hurtigt at måle med.

- Der er ingen efterfølgende beregninger, da alle punkter måles i absolutte koordinater direkte.

Disse fordele har tilsammen gjort det meget populært at anvende GPS til opmåling, og måske i en eller anden grad opvejet ulemperne ved den lidt mere upræcise højdebestemmelse ift. totalstation og Nivellement?

Dette forhold kan så have påvirket, at der er mindre bevågenhed på at vedligeholde højdefikspunkter lokalt.

Dette er dilemmaet, når man af faglige hensyn ønsker en højdenøjagtighed som GPS ikke umiddelbart altid kan honorere – og dette danner udgangspunkt for noget af det som er undersøgt i dette projekt, nemlig om man kan forbedre GPS-målingen ved at inkludere ”det dynamiske fikspunkt”.

*Note: Ovenstående er en overordnet fremstilling af de grundlæggende opmålingsmetoder, og der kan være en række detaljer, som kan påvirke det endelige resultat af målinger. Det kan være såvel generelle forhold som lokale, så derfor kan kvaliteten af en måling også påvirkes af tid og sted.*

## 1.6 Bestemmelse af landbevægelser fra satellitter

Udover de traditionelle metoder til højdebestemmelse, så er det også muligt ud fra anvendelse af satellitdata fra [Copernicus Sentinel 1 satellitterne](#) at bestemme højder og højdeændringer over tid.

Stærkt forenklet kan man sige, at man ved anvendelse af avancerede teknologier kan måle afstanden fra satellitten og ned til punkter på jorden ved brug af de satellitbilleder som Sentinel 1 satellitten optager og anvendelse af avanceret software som kan genkende objekter i billederne og dermed sammeligne data over tid. Bevægelser registreres indenfor en pixel, der har størrelsen 5 \* 20 meter, og udgøres af naturlige reflektorer som ex. bygninger og andre store konstruktioner, skarpe kanter såsom kantsten, jernbaneskiner mv. Udover naturlige reflektorer kan der så suppleres med radarreflektorer, som er således indrettet, at de giver et meget stærkt retursignal, som igen sikrer en præcis højdebestemmelse indenfor den pixel, de er beliggende i. På denne måde kan man få et udtræk for lokale bevægelser indenfor disse 5 \* 20 m. pixels, men ikke se præcist indenfor denne pixel, hvor det bevæger sig mest (ex. om et enkelt hushjørne synker). Denne højdebestemmelse kan foregå relativt eller absolut ift. den danske højdereference DVR90.

En relativ højdebestemmelse sker uden tilknytning til højdereferencen, men vil stadig have en høj intern/relativ nøjagtighed. Dette kan ex. anvendes til monitorering af lokale sætninger i et projektområde, hvor man ikke har behov for at sammenligne med andre data. Ved en absolut højdebestemmelse skal højdeniveauet fastlægges over et eller flere fikspunkter, hvor indmålte radarreflektorer kan være iblandt. Hermed vil alle registreringer i satellitmålingen være relateret til det absolutte højdeniveau. Ved anvendelse af denne metode vil man kunne sammenligne forskellige datasæt, der er beliggende i samme referencesystem. Som eksempel vil man kunne redegøre for hvordan kystområdet sætter sig og ift. at vandet stiger beregne den samlede bevægelse land/vand. Eller lokale sætninger i et område kan overføres til kloaksystemet, der også er indmålt i absolutte højder. Ud fra de registrerede højdeændringer beregnet ud fra satellitdata, kan man via interpolation og overføre højdeændringer til andre elementer som ex. kloakbrønde.

Der er tidligere gennemført flere projekter i Lemvig Vand A/S som dokumenterer at metoden er pålidelig og retvisende at anvende. Her kan der særligt henvises til rapporten ”[C17 Thyborøn by og havn – klima kloak og sætninger](#)”.

Da satellitterne foretager gentagne overflyvninger (hver 6-12 dag afhængig af om der er 1 eller 2 satellitter i drift) kan der opnås følgende fordele:

- Kontinuerte og gentagne målinger med kort interval.
- Landsdækkende service, så alle områder er dækkede med data.
- Høj intern præcision i datasættet.
- Indsamling af store datamængder som statistisk set udgør et stærkt fundament for at lave fremskrivninger på ex. lokale sætninger.
- Man kan lave beregninger når det er ønskeligt – er der tale om små bevægelser, behøver man ikke beregne så ofte.

Den bagvedliggende driver for anvendelse af satellitdata er naturligvis også økonomi, da al opmåling i marken kræver mandskab og udstyr, og derfor kan udgøre en ikke uvæsentlig udgiftspost. Er det derfor muligt at få ”genmålt” alle brøndene i et ledningsnet uden at skulle rundt til dem alle, så kan der ligge en økonomisk besparelse heri. Det er dog en forudsætning for at dette kan realiseres at der indledningsvis er udført en præcis højdemåling af alle brønde for at det efterfølgende giver mening af fortsætte med høj præcision ved satellitopdatering af data. Igen et fokus på hvad det stillede krav til højdenøjagtighed er – hvis det er 2 cm., så skal dækslet indledningsvist være målt med denne nøjagtighed eller bedre. Så basis skal være iorden for at fremtidige beregninger/målinger har den rette kvalitet!

#### **1.6.1 Fra registreret niveauændring til Ledningsregistrering**

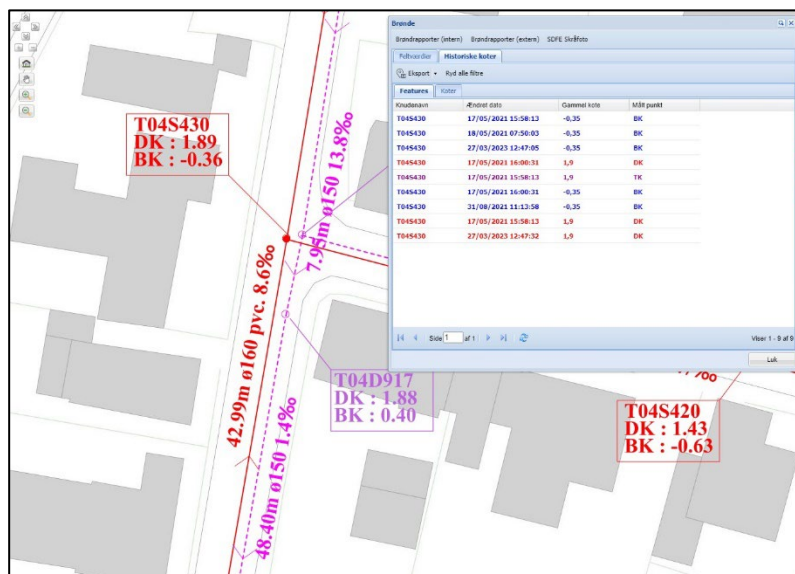
Ønskes data integreret i en DANDAS kloakdatabase, så skal eksisterende kloakbrønde opdateres med de niveauforskelle, der er konstateret ud fra InSar beregningen. Der findes på det danske marked en række forskellige DANDAS løsninger, så de beskrevne tiltag er rettet mod en løsning kaldet DanDasGraf leveret af WSP, hvorfor andre programmer muligvis kræver andre løsninger. DANDAS datamodellen, som DanDasGraf er baseret på, indeholder nogle udfordringer ift. integration med satellitdata:

1. DANDAS modellen anvender centimeter til at angive højder/koter.
2. DANDAS modellen indeholder ikke tabeller til at rumme historiske data.

Ad 1: Satellitdata beregnes i millimeter, og ved indlæsning i DANDAS modellen afrundes der til centimeter. Da der arbejdes med meget fine nøjagtigheder ved satellitberegninger, så er det uhensigtsmæssigt at der afrundes op til en halv centimeter – da selve afrundingen kan overstige den registrerede ændring. Løsningen har været at lave en tabel, hvori korrektionsdata opbevares på millimeter niveau. Denne tabel leverer så datainput til knudetabellen i DANDAS, hvorved koter afrundes til hele centimeter. Næste gang der kommer satellitberegnete koteændringer, så påføres de tabellen med de sidste oplysninger i millimeter, og overføres igen til knudetabellen – og bliver til centimeter. Herved opnår man det mest korrekte resultat ift. DANDAS, men kan også eksportere data ud fra tabellen med millimeter angivelser, til dem der måtte ønske disse data.

Ad2: DanDasGraf og DANDAS databasen gemmer ikke den oprindelige kote, når man laver en opdatering. Da driftspersonale kan have en interesse i at kende den historiske udvikling på koter, så skal der gøres noget særligt her. Løsningen har været at lave en række triggere i DANDAS databasen som laver en kopi af de oprindelige koter (for de forskellige felter hvor der kan angives en kote) og gemmer disse i en skyggetabel. Denne skyggetabel indeholder alle koteændringer på knuder.

Da de fleste brugere hos Lemvig Vand anvender WebGIS som det daglige værktøj til at tilgå data, så er der lavet en specialtilpasning heri, så alle brugere kan få vist informationer om historiske koter, som vist på nedenstående skærbillede.



Figur 5 Visning af koteoplysninger (også historiske) i WebGIS v. Lemvig Vand

Herved har alle medarbejdere mulighed for at inddrage historiske koter i deres beslutninger ex. vedrørende drift og vedligehold af ledningsnettet eller i forbindelse med nye projekter.

### 1.7 Højdemåling ved brug af radarreflektorer

Opstilling af radarreflektorer kan udover at indgå som fikspunkter ved satellitberegning af højder også anvendes mere direkte til højdebestemmelse af enkeltpunkter. Man kan kalde dem ”dynamiske fikspunkter” idet de via satellitberegninger kan få verificeret deres højdeniveau efter valgt frekvens, og de kan derfor anvendes som basisstationer for enkeltstations RTK-GPS. Dette er en velkendt og gennemprøvet målemetode, og en lang række tests viser, at man kan opnå en højdepræcision på 10-12 mm. i en afstand (radius) på op til 5 km. fra radarreflektoren ved at måle med egen GPS – der kommunikerer med basestationen på reflektoren. Herudover er spredningen på nøjagtigheden mindre end ved brug af traditionel GPS. Erfaringer viser at de enkelte målinger, der af forskellige årsager er knap så nøjagtige som gennemsnittet, typisk ikke overstiger 15 mm.

Man er herved indenfor den tolerance som spildevandsforsyninger typisk opererer med – og det åbner op for at man tage denne målemetode i brug som et alternativ til måling med totalstation/nivellement. Forudsætningen herfor er naturligvis at udgangspunktet – højden på basestationen i form af reflektoren – ikke er ændret over tid.

Med andre ord; hvis reflektoren er blevet installeret i et ustabilt område med kendt sætningsrisiko – for at overvåge lokale landbevægelser – skal den via satellitberegninger løbende justeres til det aktuelle højdeniveau, der så igen kan danne udgangspunkt for de øvrige målinger. Heraf navnet det dynamiske fikspunkt.

Har man valgt at installere reflektoren i et stabilt område, for derigennem at have et stabilt fikspunkt i InSar beregningen, så vil behovet for ekstra satellitberegninger for verifikation af højden være begrænset. Man kan sige at forskellen mellem det dynamiske fikspunkt og de traditionelle højdefikspunkter er typisk at der skal meget få reflektorer til ex. at dække selv et større byområde – hvorved behovet for lokale højdefikspunkter reduceres væsentligt.



## 1.8 Opsummering

Højder anvendes i mange sammenhænge, og ud fra faglige behov bør der fastlægges krav til nøjagtigheder, hvorefter man vælger den mest optimale metode til at fremskaffe de ønskede informationer. En væsentlig parameter er naturligvis økonomi, og metoder der er kosteffektive samtidigt med at kvalitetskrav stadig imødekommes vil helt naturligt blive foretrukket.

Om man vælger at anvende radarreflektorer og få beregnet højdeændringer ud fra satellitdata vil typisk bero på en individuel vurdering – ud fra den aktuelle situation og de behov man måtte have for en valid registrering og evt. monitorering af højdeændringer.

I den forbindelse anbefales det at bruge [EGMS tjenesten](#) (European Ground Motion Service) til en indledende screening af risiko for lokale sætninger. Det kan give et fingerpeg om hvorvidt det giver mening at lave yderligere undersøgelser. Nedenfor er vist et udsnit omkring Lemvig.



Figur 6 Skærbillede fra EGMS visende området omkring Lemvig.

I Danmark opleves typisk landbevægelser på få millimeter og måske op til ca. 1 centimeter om året, men over tid bliver millimeter til centimeter, måske mange centimeter. Særligt når vi taler om klimatilpasningsprojekter, der designes til at have en effekt i mange år fremover, så er man ofte interesseret i kombinationen af flere datasæt, ex. hvorledes stigende havvandstand og lokale sætninger udvikles over tid?

Samme problemstilling er åbenlys i Lemvig By, hvor en etableret højvandsmur er beliggende i et ustabilt område, hvorfor den synker. Dette sammenholdt med stigende vandstand, vil på sigt gøre det nødvendigt at lave yderligere tiltag. Derfor er højvandmuren en del af testbanen, der også indgår i dette projekt – og beskrives i kapitel 4.

## 2.0 Projektet Offentlig tilgængelig dynamisk GIS platform

Tidligere pilotprojekter og tests har demonstreret, at teknologien med anvendelse af satellitdata til opdatering af højdeinformationer helt ind i ledningsdatabasen hos en spildevandsforsyning, er mulig og resultatet er overbevisende.

Når man arbejder med indførelse af ny teknologi og metoder, er en vigtig del formidling af erfaringerne hermed, så andre kan blive interesserede i at undersøge mulighederne nærmere.

Eksponering og synliggørelse af resultaterne, er derfor en del af projektet "Offentlig tilgængelig dynamisk GIS platform", der overordnet er inddelt i 2 delprojekter:

- fysisk opstilling af i alt 4 radarreflektorer i hhv. Skive Kommune og hos Tønder Forsyning.
- på baggrund af opnåede erfaringer med anvendelse af radarreflektorer og brug af satellitdata til at beregne højdedata vil det blive drøftet hvorledes sådanne nøjagtige højdedata kan stilles til rådighed for andre og dermed øge værdien af den foretagne investering.

### 2.1 Opstilling af radarreflektorer i Skive Kommune og hos Tønder Forsyning A/S

Som et led i projektet er der indgået aftale omkring opstilling af reflektorer hos såvel Skive Kommune som Tønder Forsyning A/S. På hver lokation er der opstillet 2 reflektorer i områder, hvor det vurderes at de kan give fremtidige muligheder ift. monitorering af lokale sætninger og/eller at de kan anvendes som dynamiske fikspunkter. Reflektorerne er offentligt tilgængelige og kan frit anvendes ex. til beregningsformål og/eller enkeltstations RTK måling, ligesom XYZ koordinater til disse også kan rekvireres.

Reflektorerne er installeret på følgende adresser:

- Havnevej 16, 7800 Skive (tættere på Engvej og Karup Å).
- Vejsmarkvej 15 7870 Roslev
- Murervej 3 6270 Tønder
- Industrivej 25 6780 Skærbæk

Udvælgelsen af områderne er sket i samarbejde med kommunen og forsyningen, og i Skive Kommune har man tænkt anvendelsen primært målrettet monitorering af sætninger i de overfladenære jordlag suppleret med eventuelle sætninger fra de underliggende jordlag. Nedenstående billeder viser hhv. etablering af reflektoren, hvor man kan se hvorledes den er monteret på en flise, samt et billede af den installerede reflektor ved siden af et bassin tilhørende Tønder Forsyning A/S.



Figur 7 Udgravning til reflektor.



Figur 8 Installeret reflektor ved regnvandsbassin.

Som et led i etablering af reflektorerne er det aftalt, at de er offentlig tilgængelige idet de er etableret på hhv. kommunens og forsyningens arealer, og at data fra disse fremadrettet kan og må anvendes frit af alle interessenter.

Henrik Bang Andersen, Hydrogeolog fra Skive Kommune har bistået med udvælgelsen af placeringerne for de 2 reflektorer i Skive og anfører nedenstående ift. overvejelserne og det forventede udbytte heraf:

### 2.1.1 Baggrund – reflektor 1

Reflektor 1 er opstillet på et lavtliggende område ved Havnevej 18 i Skive by. Arealet ejes af Skive Kommune. Terrænkoten er ca. ½ m over havet. Placering på et offentligt areal har gjort det muligt hurtigt at aftale en placering og uden yderligere forsinkelser eller udgifter til erstatning over for en grundejer.

Ud fra en viden om, hvor der lokalt i Skive kan træffes sætningsgivende jordlag på offentligt ejede arealer, har der umiddelbart kunnet træffes beslutning om den foreslåede placering. Det er væsentligt, at

- søge skitseret, hvor der forekommer terrænnære sætningsgivende jordlag (0-12 meter).
- afklare placering af boringer med dokumenterede sætningsgivende jordlag.
- afsøge placering af offentligt ejede arealer via matrikelkort.
- undersøge mulige begrænsninger i Kommuneplan og Lokalplaner.
- samtænke mulige risici ved sætninger ved fremtidige placeringer af eventuelt tungt kystnært byggeri.
- afklare med kommunens tekniske forvaltning, at der ikke, ud fra størrelse af reflektor, skal foreligge en byggetilladelse, men blot en anmeldelse af reflektorens placering.
- afklare eventuelle begrænsninger som følge af registrerede naturforhold. Her er afsøgt registrerede arealer efter Naturbeskyttelseslovens §3.
- arealet er egnet, dvs. fri sigt i øst-vest gående retning.
- placering af reflektoren giver offentligheden let adgang.
- den valgte placering giver mulighed for på en let måde at sprede information om reflektoren og dens nytteværdi.
- byggeprojekter i det kystnære område og i havneområdet har præcise højdedata, hvilket giver en nytteværdi over for kommende havniveaustigninger med præcision på mindst centimeter-niveau.



Figur 9 Placering af reflektor 1.

### 2.1.2 Baggrund – reflektor 2

Ved placering af Reflektor 2 er der primært fokuseret på at belyse, om der i undergrunden stadig vil kunne forekomme sætninger af jordlag som følge af dannelsen af salthorsten ved Batum i Nordsalling med næsten lodretstillede jordlag på flanken af salthorsten, og om sætninger vil kunne registreres ved jordoverfladen.

Der er valgt en placering af reflektoren, hvor offentligheden har let adgang, her et areal ejet af Naturstyrelsen med placering af en Naturskole, hvor børn undervises i naturforhold.



Figur 10 Placering af reflektor 2.



### 2.1.3 Det forventede udbytte for Skive Kommune

En reflektor vil kunne skabe yderligere sikkerhed for belysning af sætningsforhold ved placering af tungt byggeri. Herved vil der kunne skabes et væsentligt bedre beslutningsgrundlag. Ved byggeri er der behov for max. 1 cm's usikkerhed på højderne og derfor er et retvisende datagrundlag vigtigt. Viden om risiko for lokale sætninger kan herudover påvirke den langsigtede planlægning af områder, også ift. klimatilpasning.

## 2.2 Generelle erfaringer fra opstilling af reflektorer

Som anført af Skive Kommune bør man indledningsvis afklare med kommunens tekniske forvaltning, om der kræves en byggetilladelse for opstilling af reflektoren, eller om man blot kan foretage en anmeldelse heraf? Da en reflektor potentielt skal stå i mange år for at skabe lange tidsserier af data, så er det vigtigt at man etablerer den et sted hvor den forventes at kunne forblive. Derfor er kommunal jord (hvis man er en kommune) eller forsyningens egne arealer egnede, da der ikke skal indgås aftaler med private lodsejere herom – aftaler der principielt også bør tinglyses. Man skal naturligvis afklare, om der er eventuelle begrænsninger som følge af registrerede naturforhold, planforhold eller andet, ligesom man altid bør søge LER oplysninger, så man undgår graveskader ved udgravning til reflektoren.

For at reflektoren kan fungere efter hensigten skal der være frit udsyn, og det anbefales altid at lave en indledningsvis gennemgang af radarbilleder over den påtænkte lokation for opstilling, for at se om der evt. er naturlige reflektorer i nærområdet omkring reflektoren – som potentielt kan forstyrre retursignalet fra reflektoren.

### 2.2.1 Reflektorer som blikfang ift. øget fokus på højder

Som Skive Kommune anfører, så kan en fysisk installation som en radarreflektor skabe opmærksomhed omkring vigtigheden af at have styr på højden.

For at give særligt interesserede mulighed for at få mere information, så anbefales det, at der udarbejdes en hjemmeside, der i et ikke-teknisk sprog forklarer, hvordan reflektoren fungerer og hvad man kan få ud af de data, den bidrager til at skabe. Der kan hentes inspiration i den tavle, som er opstillet ved reflektoren på Klimatorium (se billede).

Der kan påsættes en QR-kode på de opstillede reflektorer i Skive og Tønder, der henviser til hjemmesiden.

Opmærksomhed omkring vigtigheden af højde data bidrager til at skabe en fælles forståelse for, om man har dette rette datagrundlag til den foreliggende opgave.



*Figur 11 Reflektor med infotavle, Klimatorium Lemvig.*

## 2.3 Koordineret opstilling af radarreflektorer

Radarreflektorer kan identificeres i satellitbilleder og kan derfor anvendes af alle der arbejder med disse data. Flere reflektorer kan danne et netværk og derigennem styrke beregningerne og resultaterne heraf.

Det åbner muligheder for at alle potentielt kan udnytte værdien heraf både ved opstilling af egne reflektorer samt ved brugen af andres. Det indebærer at man gennem en koordineret opstilling af reflektorer kan spare ressourcer, og ligeledes sikre de bedst mulige resultater. Dette kan igen medvirke til



en yderligere udbredelse og udnyttelse af de højdeinformationer, der udgør slutproduktet. I forbindelse med fyrtårnsprojektet har der været interesse fra anden side, såvel statslige styrelser som forsyninger, ift. hvor reflektorerne i Skive og Tønder skulle placeres? Både ift. at man evt. selv kunne bruge datasæt, hvori andre reflektorer indgår, men også ved at man selv bedre kan planlægge placering af egne kommende reflektorer.

Vi har oplevet god respons på, at der har været fuld åbenhed herom fra alle parter, og dette forhold har også inspireret projektdeltagerne til at undersøge om der kunne findes nye måder at sikre vidensdeling og evt. resultater at satellitberegninger?

### 3.0 Deling af højdedata

Dette kapitel omhandler hvorledes præcise og vedligeholdte højdedata kan distribueres og indgå i andre opgaveløsninger og hermed anvendes af flere interessenter og nye brancher.

Der tages udgangspunkt i opgaver, som er løst af Geopartner og partneres erfaring med lignende opgaver/projekter.

I Danmark har vi mange landsdækkende datasæt frit tilgængelige ex. via Datafordeleren der kan anvendes til løsning af forskellige opgavetyper. Disse datasæt udmærker sig ved at blive vedligeholdt og generelt have en høj og ensartet kvalitet. Til lokale projekter kan der være situationer, hvor man har brug for et specielt fremstillet datasæt – ex. som følge af særlige krav til nøjagtigheder eller aktualitet, som ikke kan findes andetsteds. I en situation, hvor ex. en kommunalt ejet forsyningsvirksomhed får fremstillet højdedata med høj præcision, kunne disse data så evt. også anvendes af kommunen, eller andre lokale interessenter? Det kunne ex. være grundejerforeninger, pumpelag eller private virksomheder ex. developere der ønsker at udvikle et areal eller område og har brug for at kende evt. risici herved.

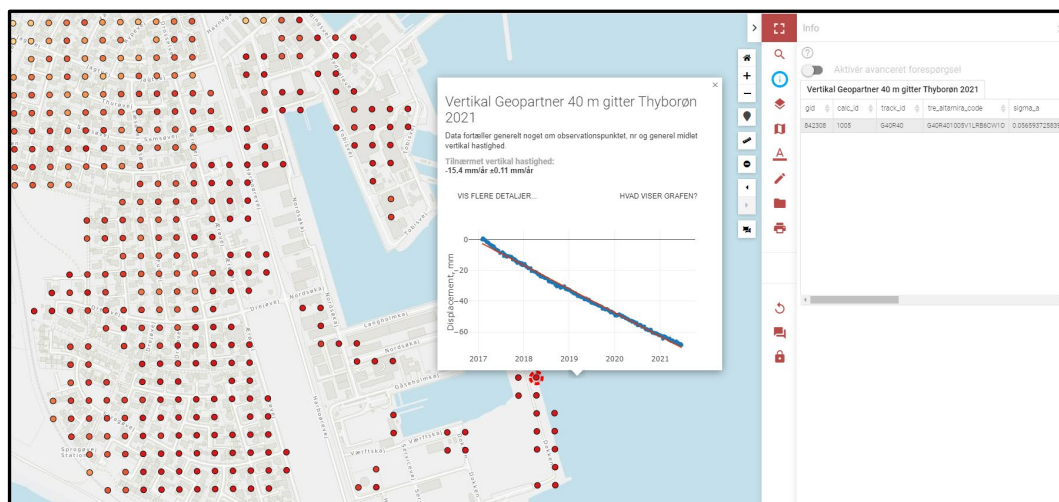
For at få data i spil og udnyttet, så er en af barriererne, at særligt tekniske data kan være vanskelige at forstå. F.eks. kan man stille spørgsmålet ”hvorfor skal jeg anvende disse højdedata – jeg plejer at bruge den danske højdemodel?”, og her skal man jo kunne få et fornuftigt svar. Desuden er det vigtigt, at data man ønsker at dele, bliver gjort lettilgængelige for at blive brugt. Dette betyder at der skal arbejdes med et nyt ”mindset” inden for brugen og deling af højdedata.

Det følgende afsnit omhandler hvorledes Geopartner opbevarer såvel basisdata som fikspunkter, radarreflektorer samt beregnede højdedata, og hvorledes disse data i dag kan udveksles.

#### 3.1 MapGM

Geopartner har som led i forskellige opgaveløsninger udviklet en applikation kaldet MapGM, hvor GM står for Ground Motion, og dette system er udviklet i forbindelse med udviklingsprojekter, bl.a. det ESA støttede udviklingsprojekt [InSarInSub](#), hvor såvel Klimatorium som Lemvig Vand A/S også har deltaget i som projektpartnere.

MapGM er et webbaseret system bestående af en database, der rummer alle lagrede data, samt et WebGIS interface, der kan vise data (koordinater og metadata) på et GIS kort, illustrere hvordan bevægelser på enkeltpunkter udvikler sig, samt sikre dataudveksling gennem en række dataformater.



Figur 12 Interface MapGM visende beregnede sætninger (prikker) og detaljerede oplysninger for udvalgt punkt.



Særligt muligheden for at udstille egne data via Webservice giver nogle gode muligheder for at udstille et datasæt som kontinuerligt/dynamisk bliver vedligeholdt – uden at modtageren behøver at ligge inde med data selv.

### 3.1.2 Øvrige betragtninger vedr. deling af data

Som beskrevet i de foregående afsnit, så er det teknisk muligt at integrere højdeinformationerne i forskellige systemer og videregive disse på en struktureret måde og med dokumentation for indholdet.

Men der er andre forhold som også skal tages i betragtning førend man kan dele data med andre.

For det første kræver det som leverandør, der evt. opbevarer kunders data, at disse giver samtykke til deling af data. Geopartner har som leverandør af opmålingsydelser og beregninger ikke på det foreliggende aftalegrundlag rettigheder til at videredistribuere data – hvadenten det sker gratis eller mod en eller anden form for betaling – hvorfor der er noget formalia omkring dette, som skal afklares indledningsvis. Der kan være kunder, som af forskellige årsager, ikke ønsker at dele data, eller gøre deres reflektor tilgængelig ift. at fungere som et dynamisk fikspunkt (ex. fordi den er installeret på en lokalitet hvor offentligheden ikke har adgang).

Ud fra tilbagemeldinger fra kunder vurderes det dog, at flere kunder vil være positivt indstillede herfor – dog med det lille forbehold at man ofte er bekymrede for, om man risikerer at pådrage sig en eller anden form for ansvar ved at dele egne data?

En ikke uvæsentlig bekymring, hvor en løsning er at udarbejde en udførlig ansvarsfraskrivelse, som evt. brugere skal acceptere eller underskrive – så brugere ikke er i tvivl om, at anvendelse af disse data sker på helt eget ansvar.

Kan denne hurdle forceres, så er spørgsmålet hvor sådanne højdedata burde høre hjemme?

### 3.2 SDFI – som holder af ”ekstra” højdedata

SDFI udstiller i dag højdefikspunkter gennem systemet Valdemar, og det var nærliggende at foreslå at andre former for højdedata kunne integreres i samme system?

Højdedata skal i denne forbindelse forstås bredt, men dækker over 3 kategorier, nemlig anvendte officielle fikspunkter (hvor gennemførte målinger i visse tilfælde kunne sikre en opdatering af koten herpå), oplysninger om opstillede reflektorer (som en slags nye fikspunkter) og endelig andre former for punkter med en satellitberegnet højde (ex. nøjagtigt indmålte brønddæksler).

Den første kategori – evt. korrektioner til eksisterende højdefikspunkter kunne være aktuel, men vil helt naturligt stille krav til dokumentation for at data er korrekte, og dermed bedre end de eksisterende data.

Andre anvendte fikspunkter, ex. reflektorer, kunne også integreres – men ville være ”fremmede” punkter, som SDFI ikke har kontrol over på samme måde som fikspunkterne i Valdemar.

Endelig kunne andre valide højdeinformationer såsom kloakdæksler med en nøjagtig kote også indgå, men her er de samme forbehold som de øvrige punkter.

Problemstillingen med at indlemme fremmede data og udstille dem sammen med egne er velkendte og har været drøftet før, ex. ift. højdemodeller. Der kan udover betænkeligheder vedr. ansvar også være forhold som ressourceforbrug til administration og vedligehold af data – og ikke mindst en form for kvalitetssikring, som påvirker den samlede beslutning.



Alt i alt mange overvejelser, og hos SDFI er indstillingen, at Valdemar kun indeholder egne fikspunkter. En beslutning som på mange måder giver mening ift. styrelsens aktuelle opgave og rolle ift. Geografisk infrastruktur.

Som følge heraf har vi derfor i forbindelse med dette projekt undersøgt, om der findes andre alternativer hvor præcise og aktuelle højdedata kunne rummes?

### **3.3 GeoFA– som holder af ”ekstra” højdedata**

Udgangspunktet for projektet har været de erfaringer, som er gjort med andre forsyningers anvendelse af højdedata – særligt ift. spildevandsanlæg, hvor der stilles krav til en ret nøjagtig højdebestemmelse.

Spildevandsforsyningerne herhjemme er kommunalt ejede aktieselskaber der i sin tid blev udskilt fra kommunerne, og ift. en øget anvendelse af højdedata var det derfor naturligt at skele over mod kommunerne for at undersøge, om der kunne være interesse her for disse data?

Kommunerne har forskellige organiseringer ift. GIS data og anvendelse heraf, men interessen blev særligt rettet mod GeoDanmark, der er et samarbejde mellem Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur (SDFI) og de 98 kommuner om at vedligeholde en kortlægning af by og landskab, som er præcis og aktuel.

Ift. at undersøge konkrete muligheder for deling af præcise og aktuelle højdedata kom GeoFA i spil, da man her allerede har erfaring med at skabe nye registreringer og datasæt – og udstille disse.

#### **3.3.1 Hvad er GeoFA?**

Geografiske Fagdata i GeoDanmark (GeoFA) er en frivillig samling af fællesoffentlige data, som vurderes at have værdi på tværs af kommunegrænser – både for myndigheder og andre eksterne anvendere. Det er frivilligt for myndigheder at benytte databasen til opbevaring og udstilling af data – og gratis for tredjepart at hente og anvende data lokalt.

GeoFA består af en specifikation og en database. Specifikationen har med løbende opdateringen eksisteret gennem 10 år og kan bruges af kommuner (og andre) til at sikre, at data registreres/beskrives ens, så de kan udveksles på tværs af kommuner. Databasen er en direkte udstilling af udvalgte data. Pt. drejer det sig om temaerne 'Sport, fritid og friluftsliv', 'Vej og trafik' (ladefacilitet) samt 'Administration'.

GeoFA har den styrke, at den sikrer en standardisering af forvaltningsdata på tværs af kommunegrænser og dermed landsdækkende anvendelse af data. En fælles datamodel sikrer, at data får en ensartet opbygning på tværs af kommunerne. Eftersom det er frivilligt for kommuner at registrere data i GeoFA, vil ikke alle datasæt være komplette, hverken geografisk eller indholdsmæssigt, da det er op til de enkelte kommuner, hvor meget de udfylder. Det forventes, at flere kommuner vil registrere i takt med at flere fagtemaer publiceres.

I forhold til klima-data og andet, så åbner GeoFA i efteråret for følgende temaer; overfladevand, vej og trafik, administration, beredskab og park og grønne områder. Så der er et stærkt fokus på klimarelaterede data.

I processen med at definere, hvilke konkrete datasæt, der skal indgå i de fem temagrupper, så har en indledende dialog med GeoFA vist, at kortlægning af reflektorer kunne være relevant at overveje. Det var også interessant at høre, at man fra GeoFA ikke oplever bekymringer om at udstille egne data ift. ansvar – brugerne er klar over at man bruger tilgængelige data ”som de er”.

En anbefaling vil derfor være at arbejde videre med undersøgelse af samarbejdsmuligheder med GeoFA om højdeinformationer. Også fordi SDFI er interessant i GeoFA samarbejdet, og på denne måde kan følge med "på sidelinjen".

### 3.3.2 Tekniske betragtninger vedr. dataudveksling

Rent teknisk findes der i dag gode muligheder for at sikre en smidig og problemfri dataudveksling mellem forskellige dataholdere, som beskrevet tidligere, men et vigtigt element er dog at der foreligger en specifikation af dataindholdet/metadata, så aftagerne af data kan tolke disse korrekt.

Der er stor erfaring med at opbygge datasamlinger og lagre/drifte dem i WebGIS løsninger, hvorfra data kan videreleveres på en række forskellige måder – men typisk som webservices. Dette indebærer, at en ekstern forespørgsel på data, altid rettes mod kilden til opdaterede data.

Som beskrevet i afsnit 3.1 anvender Geopartner basisplatformen [MapCentia](#) og har ud fra denne videreudviklet WebGIS systemet MapGM (Map Ground Motion) hvor højdedata lagres og kan videredistribueres. Den indbyggede datamodel for højdedata er blevet udviklet i forbindelse med dette projekt samt tidligere udviklingsprojekter bl.a. støttet af ESA.

For at bidrage konstruktivt til deling af højdedata vil Geopartner tilbyde at stille datamodellen og dokumentation herfor frit til rådighed for GeoFA, ifald man måtte være interesseret heri. Herved skulle det være relativt let at kunne levere data ind til GeoFA, der igen så kunne videredistribueres til dem, som måtte være interesserede i disse højdedata.

### 3.3.3 Videre proces

Der skal naturligvis lægges en indsats i at forfølge denne tanke om at dele dynamiske højdedata og et afgørende element er, om der er tilstrækkelig interesse herfor? Det kræver noget arbejde ift. at indhente tilsagn/tilladelse fra dataejere, implementere datamodeller og dataoverførsel, ligesom der ligger en omkostning i at drive det system, som holder data. Tanken om at GeoFA kunne være et egnet sted beror også på at man her har den grundlæggende tekniske infrastruktur på plads, og "blot" vil skulle implementere datamodellen.

Er interessen tilstede blandt ejere af gode højdedata og mulige rekvisitter hertil, så vil anbefalingen være at der arbejdes videre hermed – evt. i kommende udviklingsprojekt.

## 4.0 Living Lab Klimatorium

Dette kapitel vil omhandle hvorledes det er muligt at afprøve forskellige former for GPS måling ved klimatorium, hhv. anvendelse af enkeltstations RTK/dynamisk fikspunkt og ”traditionel” GPS måling ved brug af korrektionstjenester, og herved få mulighed for at sammenligne resultaterne for de 2 målemetoder op mod præcise højderegistreringer, der tidligere er foretaget ved nivellement ud fra pålidelige fikspunkter.

Formålet er at vise hvorledes forskellige metoder kan give forskellige resultater og samtidigt at kunne sammenligne egne målinger med tidligere udførte, og dermed give mulighed for at følge udviklingen i et område, hvor der er kendte lokale sætninger.

### 4.1 Testområdet

Testområdet er beliggende i centrum af Lemvig, strækkende langs havnefronten fra Klimatorium og ind til centrum. Udbredelsen er vist på nedenstående kort.



*Figur 15 Testområdet ved Lemvig Havn/Klimatorium.*

Indenfor området findes 2 kendte stabile højdefikspunkter, en radarreflektor som kan anvendes til at teste Enkeltstations RTK måling, samt en række punkter på højvandsmuren der anvendes til at sammenligne egne målinger med tidligere udførte.

Formålet er at give indsigt i resultater ved anvendelse af forskellige GPS målemetoder og samtidigt dokumentation for hvorledes lokale sætninger påvirker kritisk infrastruktur som højvandsmuren.

Der måles til monitoreringspunkter monteret ovenpå højvandsmuren – et af dem kan ses i forgrunden af billedet th. Øvrige punkter fremtræder på samme måde, og er alle placeret på toppen af muren.

Radarreflektoren er placeret ved siden af Klimatorium og på toppen findes et gevind hvorpå der kan påmonteres en GPS modtager.

Den absolutte højde på gevindet på reflektoren er 3,174 m. pr. 1.8.2023.

Da reflektoren står i et kendt ustabil område, er det ved tidligere målinger konstateret at den synker knap 1 mm. om måneden.

Dette bør indregnes ved sammenligning med andre måleresultater. Et synligt eksempel på, at det kan være vanskeligt at holde styr på højden!

Testbanen består af 2 stabile fikspunkter, hvor det første er beliggende i muren på et rødstenshus lige i nærheden af Klimatorium, som vist på billedet nedenfor. Det er interessant at dette hus ligger meget stabilt, mens området ud mod vandet er sætningstruet. Klimatorium bygningen få meter derfra er opført på 120 pæle. Krydset ud mod vandet angiver placeringen af reflektoren.

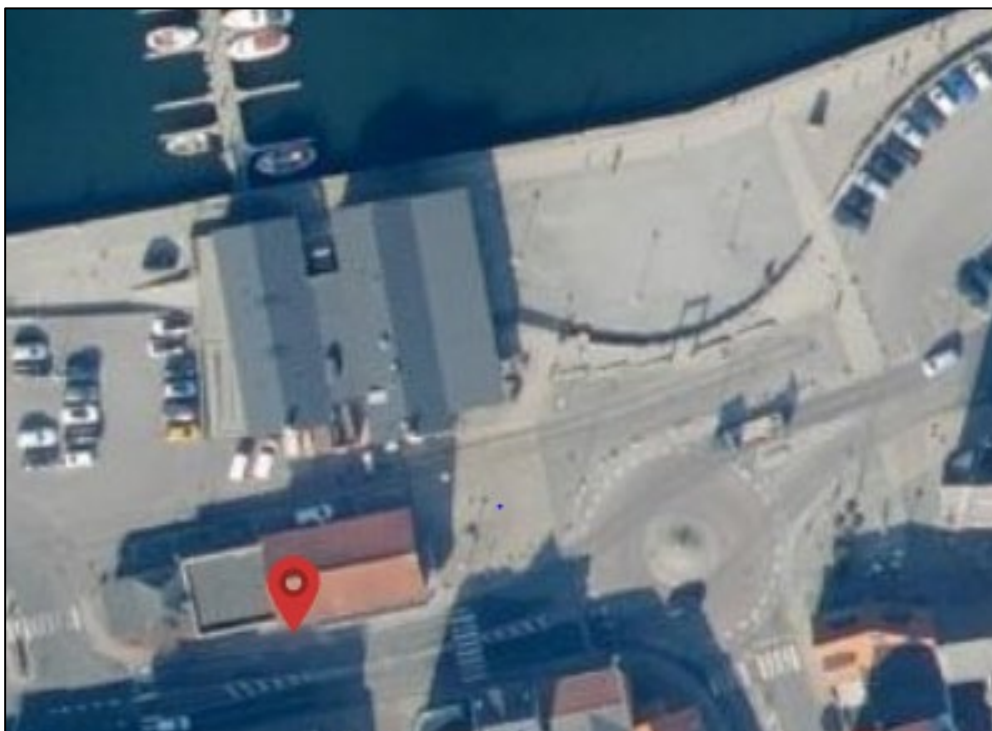


*Figur 16 Reflektor til brug for montering af GPS samt målepunkt.*



*Figur 17 Markering af Reflektor og højdefikspunkt v. Klimatorium.*





*Figur 18 Fikspunkt i sydlige ende af testområdet.*

Det andet fikspunkt er beliggende i den sydlige ende af testområdet og ligger ligeledes i et dokumenteret stabilt område, til trods for at det ligger tæt på vandet.

Radarreflektoren, der står ved siden af Klimatorium ud mod vandet, kan anvendes som basestation ved at montere en GPS enhed på gevindet øverst på reflektoren. Højden i dette punkt er verificeret og fremgår af regnearket, der anvendes til indtastning af egne målinger og sammenligning med tidligere målinger.

Herved kan reflektoren anvendes sammen med en mobil GPS-enhed til at opmåle efter princippet enkeltstations RTK, hvilket skulle give mere præcise målinger end ved brug af traditionel GPS måling.

Man kan herved sammenligne opmålingsdata fremskaffet ved de 2 forskellige GPS-målemetoder – og se hvorledes disse stemmer overens.

## **4.2 Opmåling og beregning af data**

Der er fremstillet et regneark, hvor man kan indtaste måleresultatet til de enkelte punkter.

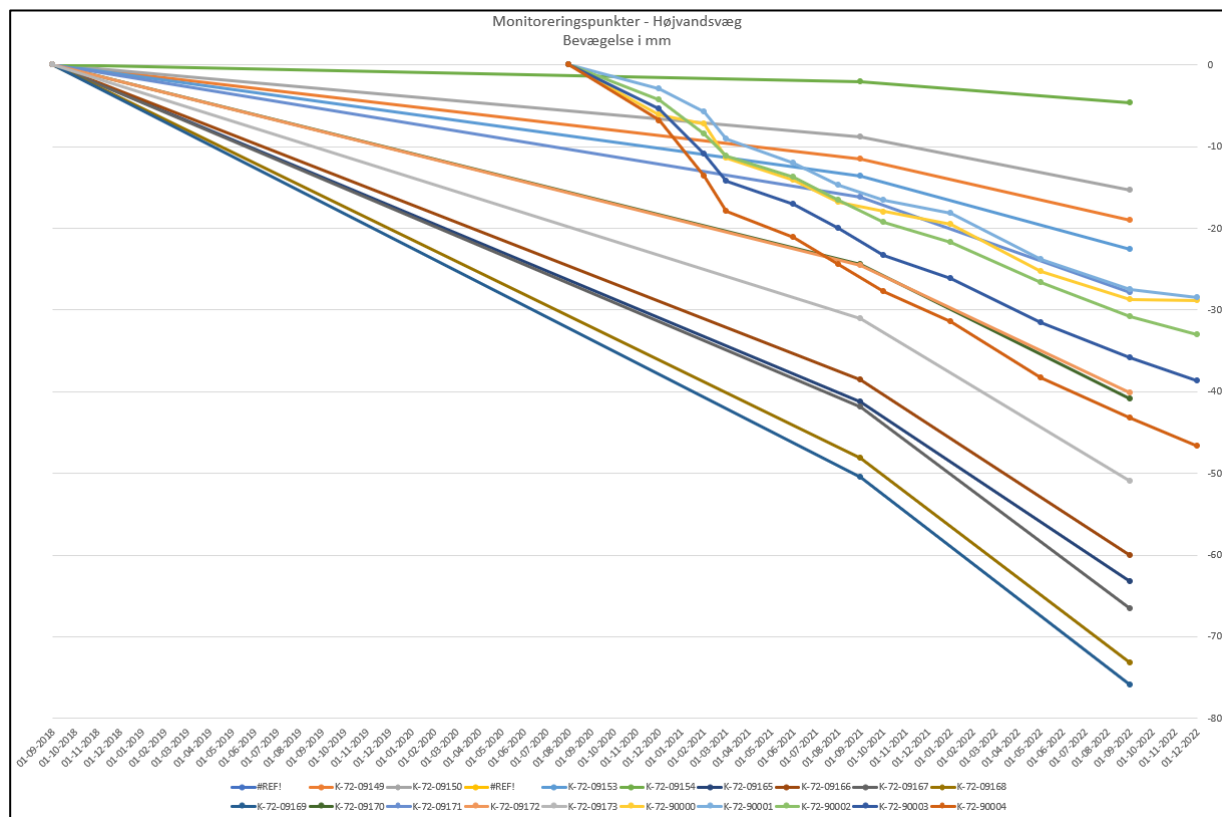
Regnearket indeholder den oprindelige start kote for alle punkterne, således der er en værdi at sammenligne egne resultater op imod. Nye målinger registreres ved at indsætte en ny kolonne yderst til højre og der angives dato for målingen i første linje.

Man kan herefter indtaste sine målte koter, og herved beregnes der automatisk differencer og bevægelser (udtrykt i millimeter) samt et plot af tidsserien – for en mere visuel visning af udviklingen i højderne.

| 1914295 - Monitorering, Højvandsvæg |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |  |
|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
| ID                                  | 01-09-2001 | 01-09-2012 | 01-09-2013 | 01-09-2015 | 01-09-2018 | 04-08-2020 | 17-12-2020 | 04-02-2021 | 31-03-2021 | 03-06-2021 | 03-08-2021 | 01-09-2021 | 26-10-2021 | 12-01-2022 | 25-05-2022 | 14-09-2022 | 07-12-2022                                                                          |  |
| K-72-09132                          | 2,209      |            | 2,210      |            | 2,210      |            |            |            |            |            |            | 2,210      |            |            |            |            | 2,208                                                                               |  |
| K-72-09149                          |            | 2,083      |            | 2,069      | 2,053      |            |            |            |            |            |            | 2,042      |            |            |            |            | 2,034                                                                               |  |
| K-72-09150                          |            | 2,084      |            | 2,077      | 2,062      |            |            |            |            |            |            | 2,053      |            |            |            |            | 2,047                                                                               |  |
| K-72-09151                          |            | 2,096      |            | 2,091      |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                                                                     |  |
| K-72-09153                          |            |            |            | 2,058      | 2,036      |            |            |            |            |            |            | 2,023      |            |            |            |            | 2,014                                                                               |  |
| K-72-09154                          |            |            |            | 2,085      | 2,083      |            |            |            |            |            |            | 2,081      |            |            |            |            | 2,078                                                                               |  |
| K-72-09165                          |            |            |            |            | 2,436      |            |            |            |            |            |            | 2,395      |            |            |            |            | 2,373                                                                               |  |
| K-72-09166                          |            |            |            |            | 2,433      |            |            |            |            |            |            | 2,394      |            |            |            |            | 2,373                                                                               |  |
| K-72-09167                          |            |            |            |            | 2,425      |            |            |            |            |            |            | 2,383      |            |            |            |            | 2,359                                                                               |  |
| K-72-09168                          |            |            |            |            | 2,425      |            |            |            |            |            |            | 2,377      |            |            |            |            | 2,352                                                                               |  |
| K-72-09169                          |            |            |            |            | 2,416      |            |            |            |            |            |            | 2,365      |            |            |            |            | 2,340                                                                               |  |
| K-72-09170                          |            |            |            |            | 2,433      |            |            |            |            |            |            | 2,408      |            |            |            |            | 2,392                                                                               |  |
| K-72-09171                          |            |            |            |            | 2,437      |            |            |            |            |            |            | 2,421      |            |            |            |            | 2,409                                                                               |  |
| K-72-09172                          |            |            |            |            | 2,428      |            |            |            |            |            |            | 2,403      |            |            |            |            | 2,388                                                                               |  |
| K-72-09173                          |            |            |            |            | 2,408      |            |            |            |            |            |            | 2,377      |            |            |            |            | 2,357                                                                               |  |
| K-72-90000                          |            |            |            |            |            | 2,415      | 2,409      | 2,408      | 2,403      | 2,401      | 2,398      |            | 2,397      | 2,395      | 2,390      | 2,386      | 2,386                                                                               |  |
| K-72-90001                          |            |            |            |            |            | 2,417      | 2,414      | 2,411      | 2,408      | 2,405      | 2,402      |            | 2,400      | 2,398      | 2,393      | 2,389      | 2,388                                                                               |  |
| K-72-90002                          |            |            |            |            |            | 2,427      | 2,422      | 2,418      | 2,415      | 2,413      | 2,410      |            | 2,407      | 2,405      | 2,400      | 2,396      | 2,394                                                                               |  |
| K-72-90003                          |            |            |            |            |            | 2,418      | 2,413      | 2,408      | 2,404      | 2,401      | 2,399      |            | 2,395      | 2,392      | 2,387      | 2,383      | 2,380                                                                               |  |
| K-72-90004                          |            |            |            |            |            | 2,402      | 2,395      | 2,388      | 2,384      | 2,381      | 2,377      |            | 2,374      | 2,370      | 2,363      | 2,359      | 2,355                                                                               |  |
|                                     |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |                                                                                     |  |
| Bevægelse i mm                      |            |            |            | 01-09-2018 | 04-08-2020 | 17-12-2020 | 04-02-2021 | 31-03-2021 | 03-06-2021 | 03-08-2021 | 01-09-2021 | 26-10-2021 | 12-01-2022 | 25-05-2022 | 14-09-2022 | 07-12-2022 |                                                                                     |  |
| K-72-09149                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -11,5      |            |            |            |            | -19,1      |                                                                                     |  |
| K-72-09150                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -8,8       |            |            |            |            | -15,4      |                                                                                     |  |
| K-72-09153                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -13,6      |            |            |            |            | -22,5      |                                                                                     |  |
| K-72-09154                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -2,0       |            |            |            |            | -4,6       |                                                                                     |  |
| K-72-09165                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -41,2      |            |            |            |            | -63,2      |                                                                                     |  |
| K-72-09166                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -38,5      |            |            |            |            | -60,1      |                                                                                     |  |
| K-72-09167                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -41,8      |            |            |            |            | -66,5      |                                                                                     |  |
| K-72-09168                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -49,1      |            |            |            |            | -73,2      |                                                                                     |  |
| K-72-09169                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -50,5      |            |            |            |            | -75,9      |                                                                                     |  |
| K-72-09170                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -24,5      |            |            |            |            | -40,8      |                                                                                     |  |
| K-72-09171                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -16,2      |            |            |            |            | -27,9      |                                                                                     |  |
| K-72-09172                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -24,5      |            |            |            |            | -40,1      |                                                                                     |  |
| K-72-09173                          |            |            |            | 0,0        |            |            |            |            |            |            | -31,0      |            |            |            |            | -50,9      |                                                                                     |  |
| K-72-90000                          |            |            |            |            | 0,0        | -6,1       | -7,2       | -11,4      | -14,1      | -16,8      |            | -18,0      | -19,5      | -25,2      | -28,7      | -28,9      |                                                                                     |  |
| K-72-90001                          |            |            |            |            | 0,0        | -2,9       | -5,8       | -9,0       | -12,0      | -14,7      |            | -16,6      | -18,1      | -23,8      | -27,5      | -28,5      |                                                                                     |  |
| K-72-90002                          |            |            |            |            | 0,0        | -4,2       | -8,4       | -11,2      | -13,7      | -16,6      |            | -19,3      | -21,7      | -26,7      | -30,8      | -33,0      |                                                                                     |  |
| K-72-90003                          |            |            |            |            | 0,0        | -5,4       | -10,9      | -14,2      | -17,1      | -20,0      |            | -23,3      | -26,1      | -31,5      | -35,9      | -38,6      |                                                                                     |  |
| K-72-90004                          |            |            |            |            | 0,0        | -6,8       | -13,6      | -17,9      | -21,2      | -24,4      |            | -27,8      | -31,5      | -38,4      | -43,2      | -46,7      |                                                                                     |  |

Figur 19 Regneark visende målepunkter og målte koter gennem tiden.

Når man sammenligner sine nye målte højder med de allerede registrerede, så har man også mulighed for at visualisere sætningerne på alle de målte punkter, se nedenfor:



Figur 20 Visualisering af sætninger på målepunkter gennem tid.

Alene ud fra de allerede registrerede målinger er det tydeligt, at alle registrerede punkter sætter sig, og at årlige sætninger på millimeter niveau med tiden bliver til flere centimeter.

Det er tilstræbt at Excel arket er enkelt og brugervenligt at anvende, og giver et overblik over de bevægelser der sker i lokalområdet.

Ud af dette kan man uddrage, at der i områder med øget risiko for lokale sætninger med tiden kan ske ret betydelige ændringer i højdeniveauet.

Én af udfordringerne med de lokale sætninger er at de ikke er umiddelbart synlige, men sker over længere tid.

Klimatorium blev indviet for godt 2 år siden og udenfor kan man se synlige tegne på lokale sætninger i den betonbelægning som omgiver Klimatorium. Oprindeligt var beton og trækonstruktionen i niveau, men viser nu tydelig højdeforskel.



*Figur 21 Eksempel på lokale sætninger ved Klimatorium Lemvig*

Derfor giver det værdi at have fokus på bestemmelse af det korrekte højdeniveau, og dermed også de metoder der anvendes til bestemmelse heraf.

## 5.0 Opsamling og perspektivering

Dette projekt bygger videre på arbejdet omkring præcis højdebestemmelse via anvendelse af satellitdata og radarreflektorer, der er udført indenfor de sidste 4-5 år, og som nu repræsenterer færdige løsninger og resultater - som andre kan tage i brug.

Som det er beskrevet, så er bestemmelsen af præcise højdeinformationer udfordret på flere fronter – særligt i områder med dynamik i form af lokale sætninger. Med tanke på de klimaudfordringer vi står i - og kan imødesee, så vil der også fremover være behov for udvikling indenfor området.

Projektet har afdækket mulige veje til at sikre præcise og opdaterede højdedata og potentielle muligheder for at dele disse. Spørgsmålet omkring ansvaret – eller mangel på ansvar – ved distribution af data bør håndteres evt. i form af en slags ”varedeklaration og ansvarsfraskrivelse”, da dette kan vurderes som en barriere for en mere fri deling af data.

Opsummeret kan der oplistes følgende opnåede resultater for projektet:

- Det er muligt at anvende satellitdata til præcis højdebestemmelse, og der er installeret 2 radarreflektorer i skive og 2 i Tønder, som fremtidigt vil kunne inddrages i sådanne beregninger. Samtidigt kan de fungere som blikfang for at skabe opmærksomhed om højdeniveauets betydning. Der forefindes tilgængelige XYZ-koordinater for reflektorerne, som enten kan anvendes som de foreligger, eksporteres – eller integreres med andre datasamlinger
- Det er muligt at integrere disse data ex. i et DANDAS miljø, og derved kunne masseopdatere mange koteoplysninger på én gang - uden at skulle ud i marken og måle.
- Rådata – med millimeterangivelse – kan evt. anvendes af andre interessenter, og ex. indgå i klimatilpasningsprojekter.
- Radarreflektorer muliggør som en bonus, udover at kunne indgå i satellitberegninger, at man indenfor et ret stort område omkring disse kan måle med enkeltstations RTK GPS, og dermed opnå såvel præcise målinger som besparelser på opmåling.
- Der er udviklet en datamodel for såvel reflektorer, de fikspunkter der er anvendt til kobling til højdereferencen DVR90 samt til beregnede punkter.
- Et samarbejde med GeoFA kunne være en mulighed ift. deling af højdedata?
- Opmærksomheden omkring højder kan bidrage til drøftelser om fremtidige højdereferencer, der grundet stigende havvandstigninger, bliver udfordrede?

Parallelt med dette projekt er der i et andet fyrtårnsprojekt ”Test og demo” blevet etableret 13 radarreflektorer i forsyningsområdet for Lemvig Vand A/S, som kan tjene som et living lab for virksomheder, der ønsker at teste satellitdata i fuld skala. En mulighed for virksomheder og interessenter til at afdække potentialet i stor skala

Som et konkret udtryk for at klimaudfordringerne tages seriøst, så har DMI har fået en bevilling på knap 200 mill. kr. til at [forbedre varslingen af oversvømmelser](#). En lang række aktører, herunder SDFI der har ansvaret for højdereferencesystemet og den danske højdemodel, indgår i dette projekt. En forbedret varsling af oversvømmelser kan bidrage til at minimere skadespåvirkningerne herfra til gavn for borgere og samfundet. Knap 1 mill. danskere bør tættere end 1000 m. på kysten, men også indenlands opleves der oversvømmelser fra vandløb og udfordringer fra stigende grundvand. Danmark har en meget lang kystlinie ift. det samlede areal og er samtidigt forholdsvis fladt.



Med andre ord vil klimaforandringerne påvirke mange danskere endnu mere i fremtiden, og alene ud fra denne betragtning, må alle tiltag der bidrager til viden, som potentielt kan mindske en risiko for oversvømmelser, nøje vurderes.

Derfor vil arbejdet med at sikre pålidelige højdeinformationer og viden om udviklingen herfor være et fokusområde for offentlige myndigheder, virksomheder samt borgere der er, eller vil blive berørt af klimaforandringerne.

I forhold til formidling af erfaringerne fra dette projekt, så præsenteres dette under Kortdage i Odense den 1. november af Søren Holst, Geopartner under titlen "Få øget værdi af højdeinformationer", ligesom der vil blive udarbejdet en artikel i Geoforums medlemsblad "Geoforum" sidst på året.

Arbejdsgruppen

Juli 2023