

Opmåling af underjordisk infrastruktur med mobiltelefon – en innovationsrejse fra papkasse til internationalt produkt

Af Rasmus Lindeneg Johansen, LE34 A/S

Abstract

Data, digitalisering og innovation er i centrum for mange virksomheders vækstdrømme og videnssamfundets udvikling. Men hvordan fungerer det i virkelighedens verden, når en gruppe personer med spidskompetencer inden for forskellige (niche)fag skal udvikle et innovativt produkt, der benytter sig af *cutting edge*-teknologier? Hvilke teknologiske og datamæssige udfordringer er der undervejs? Og hvordan sikrer man sig, at det nye innovative produkt bliver brugbart for andre end en selv? Det er nogle af de spørgsmål, vi gerne vil være med til at besvare ved at fortælle om den innovationsrejse, vi og vores samarbejdspartnere har været på i de seneste år. Håbet er, at I vil lade jer inspirere til jeres egne innovationsrejser.

Keywords: Punktskyer, 3D af underjordisk infrastruktur, machine learning, mobilteknologi, apps, digital underground, 3D reality capture.

1. Indledning

Innovationen af opmåling af underjordisk infrastruktur med en mobiltelefon tager faktisk sin begyndelse i 1800-tallet. På det tidspunkt begyndte videnskaben om fotogrammetri at tage form, og man undersøgte, hvordan et kamera og billeder kan bruges til at kortlægge verden. Fotogrammetri er den grundlæggende kerne i den teknologi her i nutiden, som vi har valgt at anvende til kortlægning af underjordisk infrastruktur, herunder vandledninger, spildevandsledninger og fiberkabler. Punktskyerne bliver opbygget på baggrund af billeder. Så fotogrammetri er ikke nyt.

Det nye og det innovative, er det, der sker, når vi kobler fotogrammetri med computerkraft – masser af computerkraft og et meget omfattende billedmateriale. Anvendelsen af fotogrammetri og for den sags skyld af computerkraften ændrer sig hele tiden, og der opstår en lang række nye muligheder – og udfordringer.

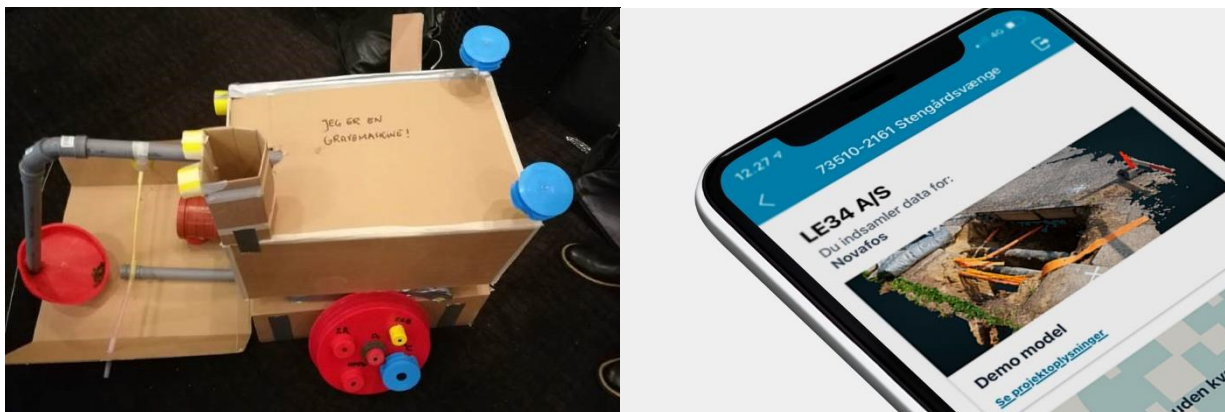
Artiklen vil beskrive nogle af disse udfordringer og hvordan, vi har løst dem ved at koble forskellige *cutting edge*-teknologier samt mange forskellige fagpersoner og forskere sammen. Vi er nået langt: Mobilopmålings-teknologien, *SmartSurvey*[™], og den tilhørende webviewer til 3D-punktskyerne, *PointView*[®], er allerede i anvendelse hos flere forsyningsselskaber i Danmark og er blevet præsenteret internationalt i Ghana, USA, Tyskland, Sverige, Schweiz, Holland, England og Australien.

Potentialet er dog endnu større set med samfundsmæssige briller: I dag er der i kraft af LER-lovgivningen kun krav om 2.5D data. En videreudvikling til 3D-plattform vil minimere graveskader markant, spare samfundet penge og stabilisere forsyningssikkerheden yderligere. En bedre ledningsdokumentation er vejen til at mindske graveskader, og det anslås, at graveskader koster samfundet omkring 280 mio. kroner om året (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2019).

2. Fagligt indhold

Der er tale om en udviklings- og innovationsproces, der begyndte for fire år siden (september 2018) – ved en innovationsworkshop med forsyningsselskabet, Aarhus Vand. Idéen om at kunne dokumentere forsyningsledningerne i en åben ledningsgrav hurtigt og nemt opstod, og prototypen bestod af papkasser, tape og plastik-dutter, se figur 1. Siden april 2019 har det været en app, der kan downloades i AppStore og GooglePlay.

I perioden fra workshoppen til første version af appen var der et intenst og iterativt forløb med appudvikling, softwareudvikling og test. Efterfølgende har forsyningsselskaberne Novafos og Aarhus Vand bidraget til en lang række test i marken – til sammen har de dokumenteret mere end 7.000 anlægshuller vha. appen.



Figur 1: Digital innovation begyndte med papkasser på en innovationsworkshop (tv), men har nu taget form som en moderne app (th).
Kilde: LE34.

Projektgruppen er løbende blevet udvidet, både internt i de deltagende virksomheder og eksternt i form af samarbejde med Aalborg Universitet, Institut for Planlægning. Resten af artiklen vil fokusere på denne del af innovationsrejsen – fra foråret 2020 til i dag.

2.1 Teknologiske og datamæssige udfordringer

2.1.1 Robust data-setup

Den grundlæggende idé havde vist sit værd, og de teknologiske og datamæssige udfordringer bestod nu i gøre hele setuppet robust, så produktet kunne udbredes til flere brugere. Vi arbejdede på at sikre, at data fra marken altid kommer sikkert ind på vores server, og at dataoverførslen bygger på en robust datainfrastruktur, som ikke bryder ned. Når først data ligger på serveren, skal der foretages en række automatiske beregninger for at omsætte den rå videofil til en kompleks 3D punktsky.

Som med mange andre udviklingsprocesser inden for dette felt, kan man gardere sig mod 80% fejl i første hug, mens de sidste 20% først kan løses, når de viser sig. Derfor har vi modnet databehandlingen ad flere omgange i en iterativ proces baseret på interne test i IT-afdelingen og test fra Novafofos og Aarhus Vand. Dataarbejdet har desuden været formet af en strategisk beslutning om, at vi ikke vil tvinge brugeren til at købe en helt ny mobil, idet løsningen understøtter alle smartphones uanset producent, styresystem og alder. Dermed skulle vi tænke os rigtig godt om, da vi opbyggede data-setuppet. Når appen fejlede, har vi reproduceret fejlen og løst den, så det ikke sker igen.

2.1.2 Nøjagtigheden tager et kæmpe spring fremad – frem med pap og tape igen

Næste fokuspunkt på innovationsrejsen drejede sig om nøjagtigheden i 3D-data indsamlet med appen. Vi arbejdede ud fra tesen: Jo højere nøjagtighed, jo større nytte får brugerne af de 3D data, der indsamles.

Derfor gik vi i gang med at innovere på såvel den absolutte som den relative nøjagtighed. Nøjagtigheden forbedres ikke i databehandlingen, men skal være på plads ved dataindsamlingen. Det interne udviklingsteam består bl.a. af landinspektører, og løsningen sprang ud af erfaring med traditionelle opmålingsfærdigheder og ønsket om at gøre det så nemt som muligt.

Vi hev pap, tape og saks frem igen og første version af en såkaldt skalapind så dagens lys i oktober 2021. Den relative nøjagtighed forbedres fra 30-50 cm til 1 cm takket være skalapinden, der lægges ved ledningsgraven og dokumenteres på video.

Udforskningen af, hvordan objekter placeret tæt på ledningsgraven kan bidrage til yderligere forbedringer af nøjagtigheden, fortsætter. Der laves prototyper af såkaldte tiepoints, der placeres enten i eller i nærheden af anlægsgraven for at forbedre billedgenkendelsen og dermed styrke kvaliteten af punktskyen, og utallige test blev gennemført. Resultatet blev klar til brug i november 2021. Ved at anvende både skalapind, tiepoints og indmålte GPS-kontrolpunkter, blev den absolutte nøjagtighed forbedret fra 3-5 meter til 2-4 cm.

Skalapinden giver simpelthen bare skala til punktskyen ved, at den medtages i beregningen. Tiepoints er i virkeligheden blot et genkendeligt sammenbindingspunkt, se figur 2.



Figur 2: De blå skalapinde og tiepoints placeret ved ledningsgrav. Kilde: LE34.

2.1.3 Introduktion af RTK-teknologi

Nøjagtighederne ved dataindsamling og kvaliteten af den færdige 3D punktsky er nu meget høj, men den praktiske del af arbejdet i marken skal også være så nem som mulig. Derfor kombinerede vi appen med RTK-teknologien. Med en GPS-antenne monteret direkte på mobilen bliver det mere handy at gå rundt med udstyret i marken sammenlignet med indmåling af kontrolpunkter ved hjælp af GPS-stok. Samtidig bliver den færdige punktsky klar på under 1 time.

For at forhindre forskydning mellem GPS-antennen og mobilen under opmåling, udviklede vi en praktisk holder. En produktudvikling, der igen begyndte på papkasse-niveauet og flere prototyper, inden den endelige version var klar i august 2022, se figur 3.



Figur 3: Viser hhv. prototype (tv) og endelig udgave (th) af RTK-holderen. Kilde: LE34.

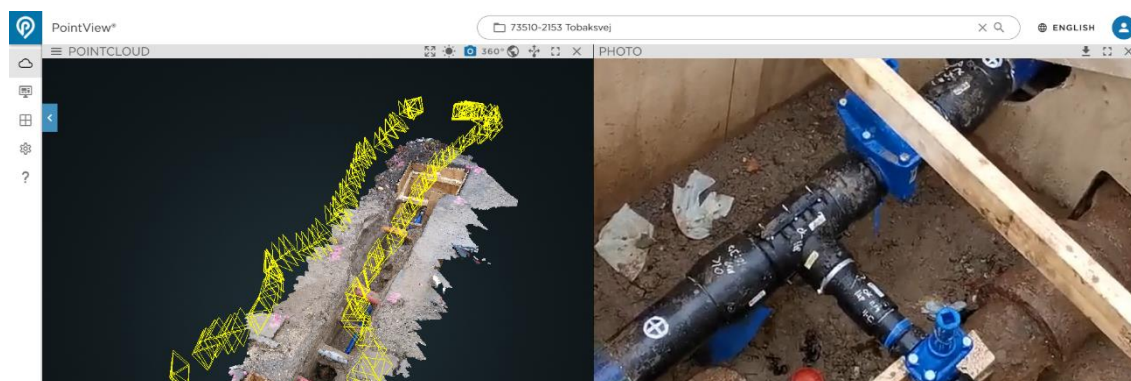
2.1.4 Totaldokumentation med en minimal indsats

Resultatet af den indtil videre fireårige innovationsproces er banebrydende. På baggrund af 30-40 sekunders video, får man over 300 enkeltbilleder, der beregnes til en målfast punktsky. Der er tale om totaldokumentation på baggrund af en minimal indsats.

Når først punktskyen er blevet etableret, kan opmålinger fortsættende laves i punktskyen, selvom den underjordiske infrastruktur er blevet dækket til, og ledningsgraven for længst er lagt under asfalten igen, se figur 4.

2.2 Udvikling fra en smart app til et instrument

Som beskrevet i indledningen af artiklen er udviklingen af opmåling af underjordisk infrastruktur med mobiltelefon en innovationsrejse, der involverer en lang række forskellige spidskompetencer. De forskellige kompetencer sikrer et helstøbt produkt med en intuitiv brugergrænseflade. En grafisk designer med speciale i UX-design sikrer ikke blot, at appen ser professionel ud, men også, at brugergrænsefladen giver mening. Det sker i tæt samarbejde med landinspektører og IT-specialister i teamet.



Figur 4: Opmålinger kan laves i punktskyen til "evig tid", Det er totaldokumentation. Kilde: LE34.

Processen med at forfine brugergrænsefladen følger også den retning, som menneskers måde at agere på har udviklet sig gennem de seneste år. Der er sket en ændring af, hvordan vi som mennesker opfatter ting, eller rettere, hvordan vi opfatter, om de virker eller ej. Når vi trykker på mobilen, skal der ske noget omgående. Der skal være en "feedback" på handlingen med det samme, så derfor blev hele brugerfladen på appen gentænkt helt fra bunden af.

Resultatet blev, at appen blev forandret fra at være en smart app, der kunne en masse ting med administration af opmålingen, til at være en simpel app, der kun kan én ting: At forvandle mobilen fra telefon til et måleinstrument.

Fokus i produktudviklingen har været på dem, der står i marken og skal måle op. Det er måske koldt den dag, og man fryser om fingrene og vil bare gerne trykke tre gange på en knap og derefter køre hjem i varmen på kontoret. Derfor endte vi med at skrælle alt det smarte fra appen, så den er et helt enkelt måleinstrument. Den indsamler 3D dokumentation af underjordisk infrastruktur og sender det ind på en server. Men det er et måleinstrument med en intuitiv brugergrænseflade takket være de grafiske fagkompetencer i teamet.

2.3 Brugbart for andre?

Hvordan sikrer man, at det nye og innovative produkt bliver brugbart for andre?

Idéen opstod på en innovationsworkshop i regi af forsyningsselskabet, Aarhus Vand, og samarbejde med andre organisationer end os selv er et af kendetegnene i innovationsprocessen. Det er nemt at innovere og opfinde noget nyt, man selv synes, er smart, men svært at innovere noget unikt, der giver andre helt nye muligheder. Derfor samarbejder vi med både Aarhus Vand, forsyningsselskabet Novafos og Institut for Planlægning ved Aalborg Universitet. Appen er blevet testet igen og igen siden de tidligste versioner i foråret 2019. Vi samler fortsat systematisk op på forsyningernes erfaringer og iagttagelser – fordi appen skal give mening for dem.

Innovationsprocessen fortsætter. I foråret ansatte vi en forsker fra Aalborg Universitet, Lasse Hedegaard Hansen, der laver sin erhvervspostdoc hos os med støtte fra Innovationsfonden. Formålet med forskningen er at udnytte *cutting edge*-teknologier og machine learning til at optimere databehandlingen af punktskyerne via automatisk objektgenkendelse.

3. Opsummering og perspektiver

Resultatet af den innovationsproces, der begyndte for fire år siden, er tydelig. Appen har været brugt til at indsamle komplet 3D dokumentation af mere end 7.000 ledningsgrave og anlægshuller. Det er helt unikt, ikke blot i dansk kontekst, men også på globalt plan, hvor forskningen inden for 3D dokumentation af underjordisk infrastruktur er i pionérfasen. Forskningsområdet tiltrækker dog mere og mere opmærksomhed, hvilket først og fremmest hænger sammen med det store potentiale, som teknologien rummer, og det omfattende datagrundlag, som er opbygget.

På baggrund af blot 30 sekunders video kan man beregne en komplet 3D punktsky og har fuldstændig viden med høj nøjagtighed (absolut som relativ nøjagtighed). Det åbner for et hav af muligheder for den enkelte ledningsejer/forsyningsselskab. Næste gang, man skal grave i området, tjekker man sine punktskyer og er

ikke et sekund i tvivl om, hvad der ligger i jorden. Dermed forebygger man graveskader. Det vil sige færre udfald i for eksempel vandforsyningen pga. overgravede vandledninger.

Mulighederne bliver endnu flere, når den nye teknologi ses i et samfundsmæssigt perspektiv. Forestil dig, hvis alle, der graver ifm. anlæg af nye ledninger og reoveringer, dokumenterede hullet og alle ledninger, så ville man i fællesskab kunne opbygge en komplet 3D-database af al underjordisk infrastruktur. På den baggrund vil man kunne sætte en nye høj barre for udveksling af LER-informationer i 3D, og man ville kunne tænke ud af boksen og finde flere forskellige anvendelser i takt med, at datagrundlaget vokser.

Når man scanner en åben ledningsgrav/anlægshul, dokumenteres alle strukturer i jorden. Det er ikke kun de ledninger, man som forsyningselskab selv ejer, men også det, der er ejet af andre (f.eks. fiber- og telekabler), og det, som ingen ejer (f.eks. objekter af arkæologisk interesse). En digital platform for underjordiske data ville kunne skabe et digitalt økosystem, som også kan tænkes at bestå af andre 3D-formater end punktskyer.

Videreførelsen af forskningen og optimeringen af såvel dataindsamlingen med mobilen og den efterfølgende databehandling vha. machine learning rummer et stort potentiale for en meget bred kreds af aktører – også uden for forsyningsbranchen.

4. Referencer

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2019). *Udveksling af data om nedgravet infrastruktur*. Link: <https://kefm.dk/data-og-kort/udveksling-af-data-om-nedgravet-infrastruktur> [tilgået d. 7. nov. 2022]