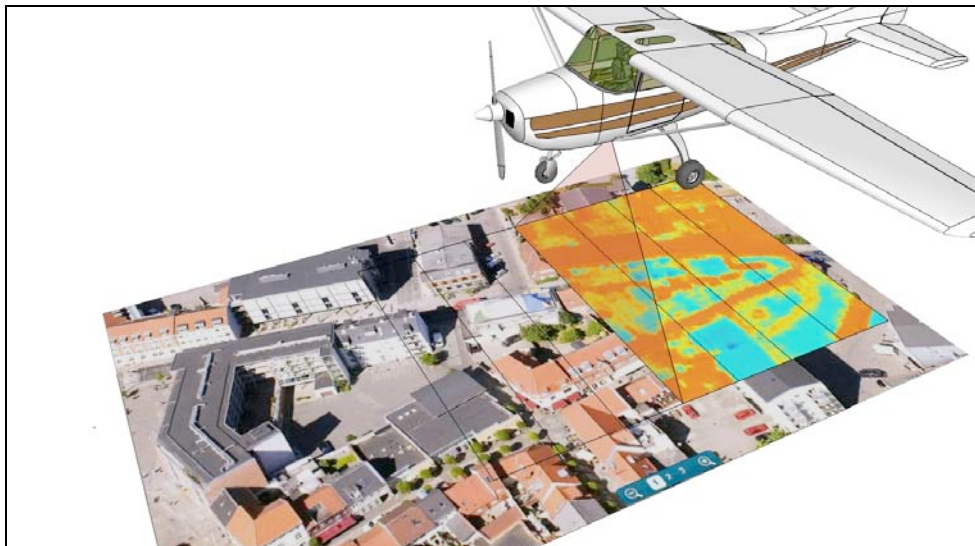


Filip Øbro og Thomas Kildegaards

Speciale

Vedr:

Flybaseret termisk kortlægning



Speciale

Vedr:

Flybaseret termisk kortlægning



Afleveret 09 April 2010
Vejleder: Jarl Rolighed

Indholdsfortegnelse

INDLEDNING	4
PROBLEMFORMULERING	4
DATA	5
FORARBEJDE:	6
BEREGNINGER	6
REMOTE SENSING TEORI	7
FLYBASERET TERMISK KORTLÆGNING	7
FEJLKILDER	7
TAGMATERIALER OG EMISSIONSFAKTOR I PRAKSIS	9
REGISTRERING AF "VARMESYNDERE"	10
EMISSIONSBEREGNING	13
KORTANALYSE	15
ALTERNATIV MÅDE AT REGISTRERE "VARMESYNDERE": FORBRUGSKORTET	17
ANALYSE	20
DATATILGÆNGELIGHED	21
TERMOGRAFISK FLYDATA	21
EMISSIONSTABEL	21
BBR	21
KORT 10	21
KONKLUSION	22
UNDERSKRIFTER:	22
PERSPEKTIVERING	22
TAK TIL:	23
BILAG	23
LINKS	23
COPYRIGHT ©	23

Indledning

I disse tider med global opvarmning og erkendelse af for stor CO₂ udledning i atmosfæren, er det svært at undgå at høre om de tiltag der bliver gjort for at registrere og mindske varmeudslippet fra bygninger, hvis opvarmningsform er en stor bidragsyder i form af afbrænding af fossilt brændstof.

Vi forestiller os at der vil komme en del arbejde inden for dette felt i fremtiden og vil derfor gerne fordybe os i emnet..

Flere kommuner er for tiden meget interesseret i **flybaseret termisk kortlægning** af boligområder, med formål at registrere boliger og industri, såkaldte ”varmesyndere”, som har stort varmetab til omgivelserne.

Vi vil hermed, for et begrænset område i Horsens, gennemgå metoden og vurdere fordele og ulemper.

Problemformulering

Dette speciale vil gennemgå **flybaseret termisk kortlægning** for et repræsentativt område i Horsens og analysere registreringsmetodens fordele og ulemper.

Vi vil, undervejs, undersøge den geografiske nøjagtighed, samt hvilke øvrige faktorer der spiller ind ved optagelse af termografiske flyfotos og deres omdannelse til termografiske kort..

Data

Vi er taknemmelige over fra Andrew Flatman hos FUGRO at have modtaget termofoto over tre områder i Horsens. Vi valgte et let genkendeligt område med stor varietet i tagmaterialer.

Mette Nørgaard, hos Horsens Varmeværk, har ligeledes hjulpet os med varmemeforbrugdata for det valgte område.

Vi benytter derudover data og kortmateriale fra:

BBR Tak til Karsten Holst, Horsens Kommune.

kort 10, Teknisk kort (TK3), og Kraks skråfoto.

Vi udfører visuel inspektion (se fig 1, noter i bilag3) i de tvivlstilfælde omkring tagmaterialer som ikke kan fastslås ud fra Kraks ellers udmærkede skråfotos.



Fig 1 Vor egen visuelle inspektion, som illustrerer varieteten af tagflader inden for et lille område.

Handlingsforløb

Forarbejde:

- Telefon interview med Fugro vedr. flybaseret termisk kortlægning
- Undervisning i VirtualMapper ved LandInspektør Susanne Høiberg
- Modtagelse af data fra Fugro , Andew Flatman
- Hr. Kartograf Jarl Rolighed er vejleder og leverer TK3 data
- Horsens Kommune leverer BBR data for vores område
- Arbejde med skema over emissionsfaktorer og tilhørende matematiske beregningsmetoder
- Horsens Varmeværk leverer varmemeforbrugsdata for vores område.

Beregninger

MapInfo og Vertical Mapper bruges til følgende:

- Ved hjælp af flyfoto og TK3 tegnes tagflader hvorpå BBR geokodes.
- Vores ny tabel tilføjes emissionsfaktorer.
- Vi laver nu et korrigeret termokort, som sammenlignes med det oprindeligt tilsendte termodatasæt.
- Vi analyserer efter hvert fremstillet kort
- Vi afslutter med at producere et alternativt forbrugskort som tager udgangspunkt i det årlige varmemeforbrug pr kvm pr bygning
- Her bruges også de indtegnede tagflader, hvorpå BBR geokodes.
- Forbrugsoplysninger fra Horsens Varmeværk indtastes.
- SQL forespørgsel beregner, ud fra BBR og varmeoplysninger, forbrug pr kvm baseret på gennemsnitligt årsforbrug.
- Udfra disse oplysninger fremstilles temakort som overskueligt viser størrelsen af forbrug ved den enkelte ejendom.

Remote Sensing teori

flybaseret termisk kortlægning

(Baseret på telefon interview med Andrew Flatman hos FUGRO og Kristian Andersen, COWI.

Teori hentet fra PhD af David Allinson: "Evaluation of aerial thermography to discriminate loft insulation in residential housing, 2007" (Se links nederst))

Ved overflyvning af byområder foregår det på følgende måde:

Flyet har monteret gyroophængt infrarødt kamera (Mikrobolometer se fig 2) som med speciel infrarød chip og infrarøde optikker registrerer emissionen fra overflader.

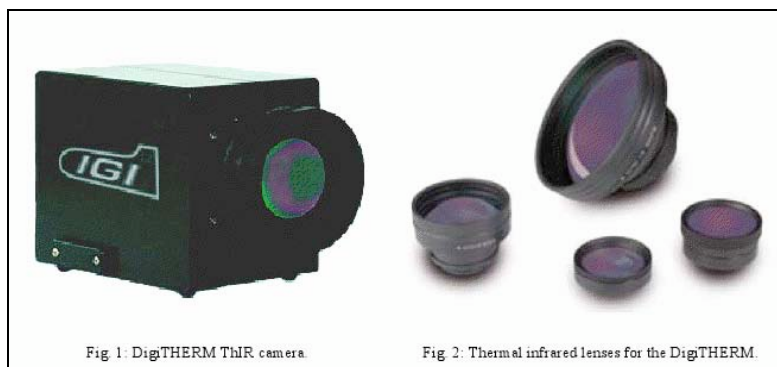


Fig 2

Infrarødt kamera (Bolometer) som bruges af Cowi, Fugro

Der registreres i det infrarøde område som ligger inden for 7,5-14 μm bølglængde. I en flyvehøjde på 500 meter er pixelstørrelsen på jorden 50 X 50 cm (Fugro) og her måles emissionsdifferencer indenfor 0,5 °C.

Mikrobolometeret optager 7 billeder pr sek.

Emissionsfaktoren opgives i 1/100 af 1 som er emissionen af et ideelt materiale, et såkaldt Black body som udstråler 100% af sit modtagne varme.

Ex: Rød Teglsten opgives ved opslag til emissionsfaktor 0,62 Eternit : 0,95 Skifer: 0,96

Da det er emissionen fra fotograferede overflader som registreres, kræves, for at kende temperaturen, at emissionsfaktoren for det pågældende materiale kendes.

Fejlkilder

Udover emissionsfaktoren skal korrigeres efter avancerede formler for (se Fig 3):

- Taghældning (til korrektion for: kulderefleksion fra himmelrummet og varmerefleksion fra naboejendomme)
- Baggrundstemperatur
- Atmosfæriske forstyrrelser mellem tagflade og sensor.

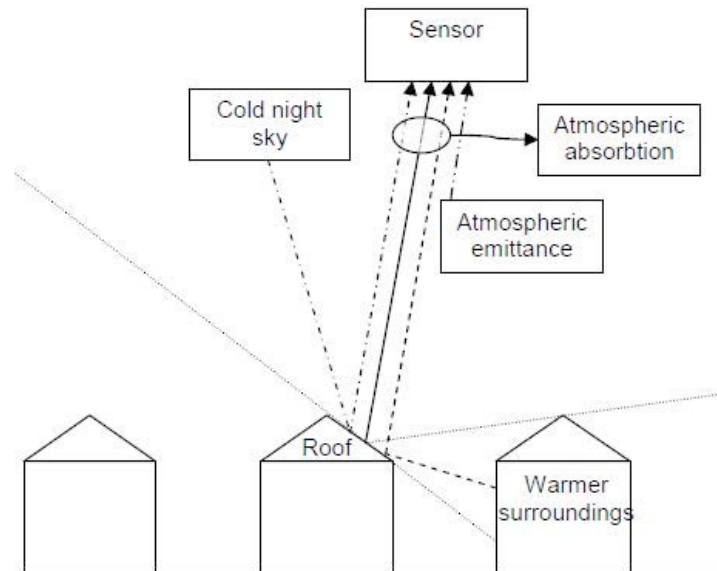


Figure 3-5: Radiation paths and losses

Fig 3 Illustration af fejlkilder ved fastsættelse af tagfladens temperatur ud fra flytermografisk optagelse (David Allinson)

Ved fast sættelse af bygningens varmeafgivelse til tagfladen via loftrummet, skal desuden kendes (Fig 4):

Ventilationsluftskifte pr time

Tagkonstruktionens form (rækkehus, valmet tag eller alm. saddeltag).

Konvektion og Kondensering vil ændre tagfladens temperatur.

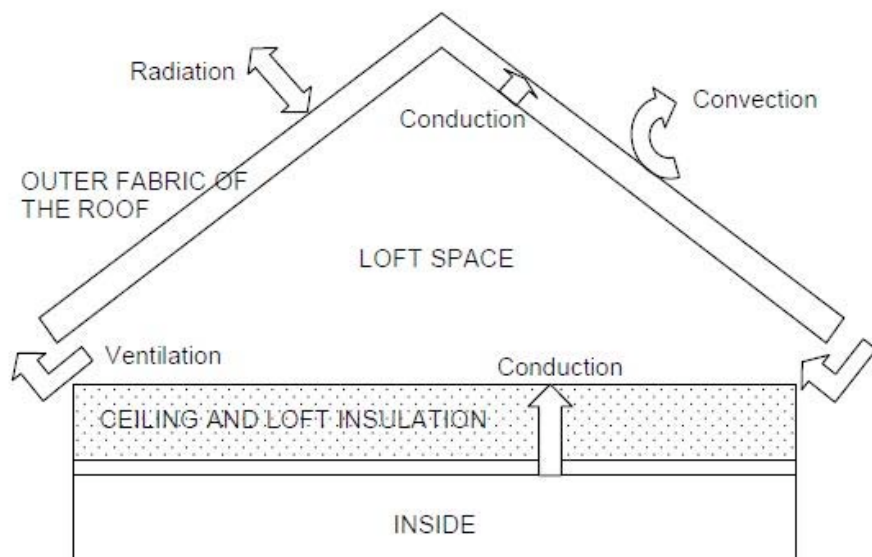


Figure 3-6: Heat exchange between the building and its environment through the roof

Fig 4 Illustration af medvirkende faktorer i tagrummet ved fastsættelse af bygningens temperatur ud fra flytermografisk optagelse (David Allinson)

Ved selve flyoptagelsen skal tages hensyn til:

- Ingen solpåvirkning af overflader og restvarme fra solen skal være væk.
- Der må ikke være ls, regn og vind over 4 meter/sek (pga chillfactor).
- Der må gerne være højtliggende skyer som kan skærme for rummets indstråling af kold temperatur (Fugro nævner at Velux tagvinduer i praksis måles til -52 °C !)
- Optagelserne foregår derfor bedst mellem kl 2100 og 0100.
- Inde- og udetemperatur skal have forskel > 20 gr Celsius
- Forskelle i terrænniveauer giver geometrisk forvanskning, som skal korrigeres for korrekt positionering af data.
- Kamerachip registrerer ikke helt ens fra billede til billede. Dette kan give op til 1,5 meters geografisk unøjagtighed i terrænniveau.

Tagmaterialer og emissionsfaktor i praksis

- For at fastslå materialer gøres det i praksis (Cowi) på en statistisk måde:
- Først optages billedet over bydelen som termofoto.
- Der vurderes hvor der er bygninger som "stikker ud" fra de øvrige med store emissions differencer.
- Der kan derefter optages et nærinfrarødt ortofoto, hvoraf kan skelnes materialer (tegl, glaceret tegl, tagpap, stål osv.).

Redegørelse

Registrering af "varmesyndere"

(se også flowdiagram over forløbet bilag 1)

Først udvælger vi området ud fra et af de tre tilsendte overflyvninger af bydele i Horsens.

Den udvalgte karre begrænset af Svanes Torv, Rædersgade og Grønnegade er let genkendelig og har et stort udvalg af tagmaterialer (fig 5).



Fig 5 Karreen Svanes Torv, Rædersgade og Grønnegade

Vi valgte at arbejde med GISprogrammet MapInfo til dette speciale. Programmet kan ved hjælp af tillægs værktøjet "Vertical Mapper", arbejde med grid (raster format), hvor hver celle har en værdi tilknyttet. Vi importerer Fugros venligst tilsendte ASC filer (fig 6) fra den termografiske overflyvning af bydelen i Horsens.

```
rettet_termo2.asc - Notepad
File Edit Format View Help
ncols 1246
nrows 819
xllcenter 552611.9
yllcenter 6190974.8
cellsize 0.5
nodata_value -999
-999.000 -999.000 -999.000 -999.000 -9
-999.000 -999.000 -999.000 -999.000 -9
-1.258 -1.374 -1.533 -1.646 -1.731 -1.
-2.600 -2.613 -2.592 -2.562 -2.652 -2.
-2.596 -2.492 -2.665 -2.010 -2.386 -3.
-3.325 -3.251 -3.205 -3.218 -3.163 -3.
-1.395 -1.369 -1.460 -1.613 -1.693 -1.
-1.404 -1.397 -1.434 -1.481 -1.494 -1.
-1.601 -1.612 -1.826 -2.074 -2.247 -2.
-1.146 -1.175 -1.147 -1.130 -1.005 -0.
-1.051 -1.130 -1.406 -1.724 -1.929 -1.
```

Fig 6 ASC filer er ren ASCII tekst med talværdiangivelser for registreret temperatur i Celsiusgrader for hver pixel. Headeren styrer pixelstørrelse og placering ved import som grid i Mapinfo. Vi kan se at koordinaterne i nederste venstre (LL) hjørne er UTM og det skal være zone 32N. Cellestørrelse er 0,5mtr/pixel (Interpoleret fra 1mtr/pixel). Antal kolonner og rækker er nævnt øverst (ncols og nrows).

Inden vi importerer ASC filen, tegner vi tagfladerne udfra et TK 3 kort og et, ved hjælp af 4 punkter "registreret", luft foto af området.

Mapinfo kalder det at "registrere" rasterdata på vektorkort, eksempelvis ortofoto på TK3
--

BBR data for området geokodes også på kortet, for om muligt at få opgivet tagmaterialer.

Vi skal bruge detaljeret matrialebetegnelse for hver eneste tagflade, for at korrigere for emissionen og da BBR har så grov tagklassifikation (eks: "fibercement, herunder Asbest (bølge- eller skifereternit") kan vi ikke bruge dem.

Vi henter informationerne ved visuel inspektion (bilag 3) og udfra Kraks skråfoto. BBR's oplysninger om adresseudtræk, opvarmningsmidler og boligarealer, kan vi imidlertid godt bruge ved fremstilling af forbrugsdatakortet.

Det importerede termodatasæt registreres på plads på de tegnede tagflader ved hjælp af 4 punkter.

Dernæst udklippes ("trimmes") de forskellige tag typer, så man får et grid pr. tag type.

Alt øvrig data er vi ikke interesseret i, da eksempelvis generering af "contour" (isotermiske) kort i så fald vil interpolere mellem tagflader og eksempelvis brostensbelægning.

Dette øvrige data optræder nu som "NoData"

Hver grid repræsenterer nu et tagmateriale.

Vi beregner nu med formel (se "emissionsberegning", nedenfor), som til hver pixel med temperaturværdi, adderer **emissionsfaktoren** for de pågældende tagtyper

Vi bruger funktionen "Calculator" i Grid manager.

Hver celle i grid'en får dermed en tilnærmet **temperaturværdi** (fig 7).

Denne formel giver kun til dels vejledende resultat, da en korrekt beregning af temperaturen for tagfladerne vil være for vidtspændende for dette speciale.

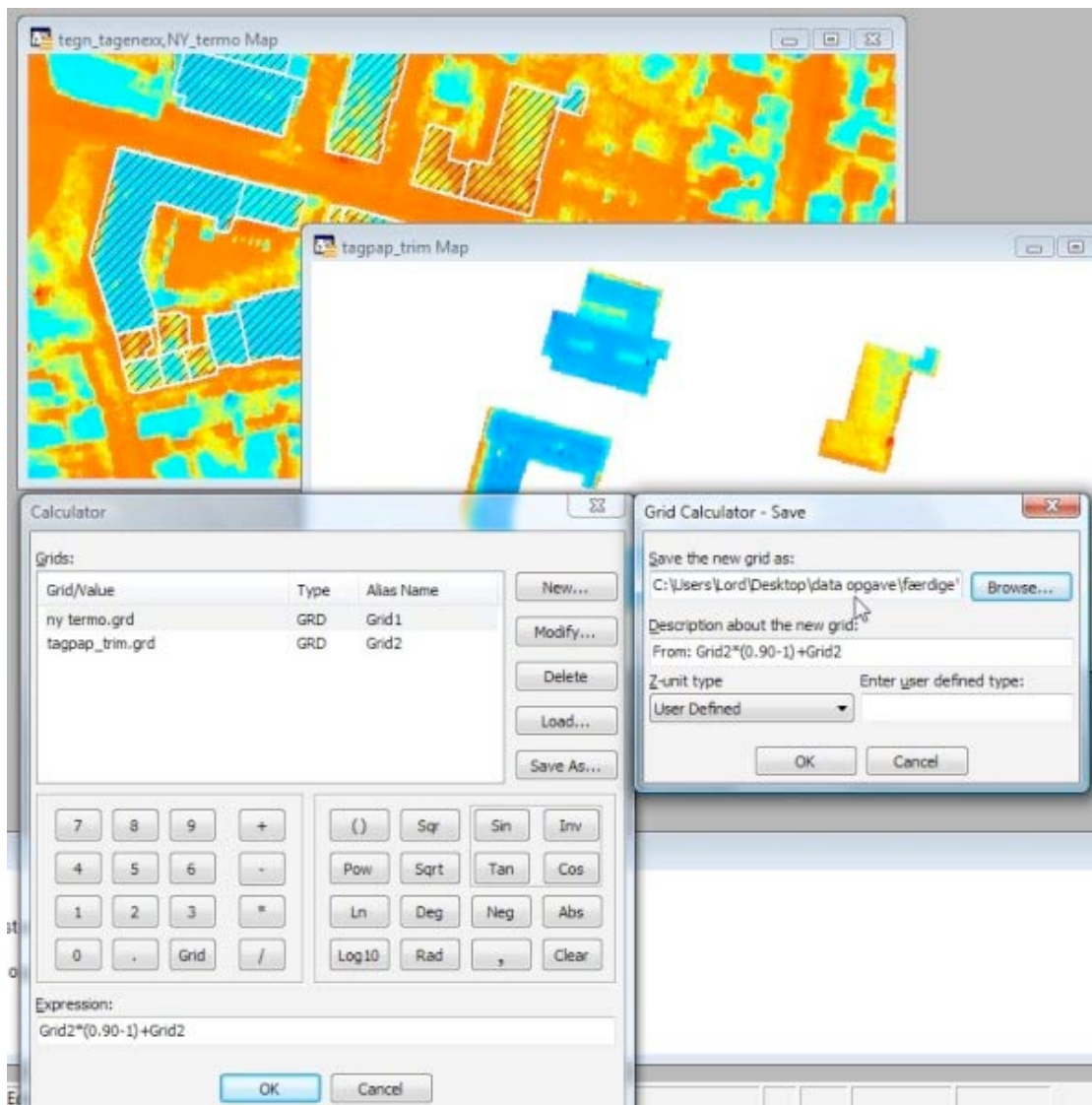


Fig 7 Tilnærmet beregning af temperatur på tagfladerne. III. viser beregning for tagpap

Histogrammet (fig 8) ændrer sig ved udklipning af hver grid, da den automatisk registrerer og inddeler højeste og laveste værdier og derved forskyder skiftet fra en farve til den næste.

Disse farveskift skal tilbage på plads ved at "loade" et gemt histogram fra rådata eller indtaste samme værdier i histogrammet.

Oprindelige emissionsintervaller henover den enkelte tagflade bibeholdes, men optræder nu som temperatur intervaller. Rød er varmest og blå er koldest.

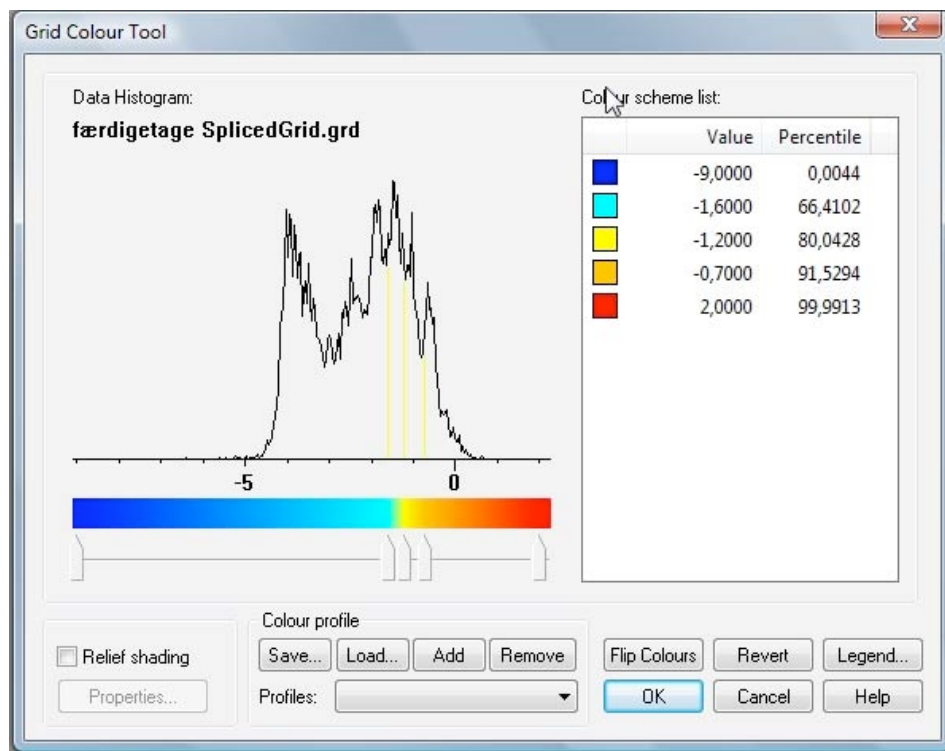


Fig 8

Histogrammet viser fordelingen af temperaturværdier. Farve"values" skal fastholdes for hver tagtype.

Ved beregningen får vi hermed "Data korrigeret for emissionsfaktorer"(Fig 9).

Vi har sat rådatasættet på samme kort til sammenligning.

Emissionsberegning

Hvis vi placerede et teoretisk "Black body", med sit 100% emission, i gadebilledet, ville det vise den korrekte baggrundstemperatur og farverefERENCE.

Ingen materialer har emissionsfaktoren 1 (100%), derfor vil tagfladerne alle registreres koldere på rådataoptagelsen.

Ved korrektion for emissionsfaktor skal tagfladerne dermed blive varmere. Dette har vi konstrueret beregningsformelen ud fra.

Vores formel: $t_2 = (t_1 * (E - 1) + t_1)$ tillægger simpelthen emissionsfaktorens forholdstal af råtemperaturen t_1 til denne i positiv temperatur retning. Formlen kan bruges for negative temperaturer, hvilket er hovedparten. (se resultat nederst kort Fig 9).

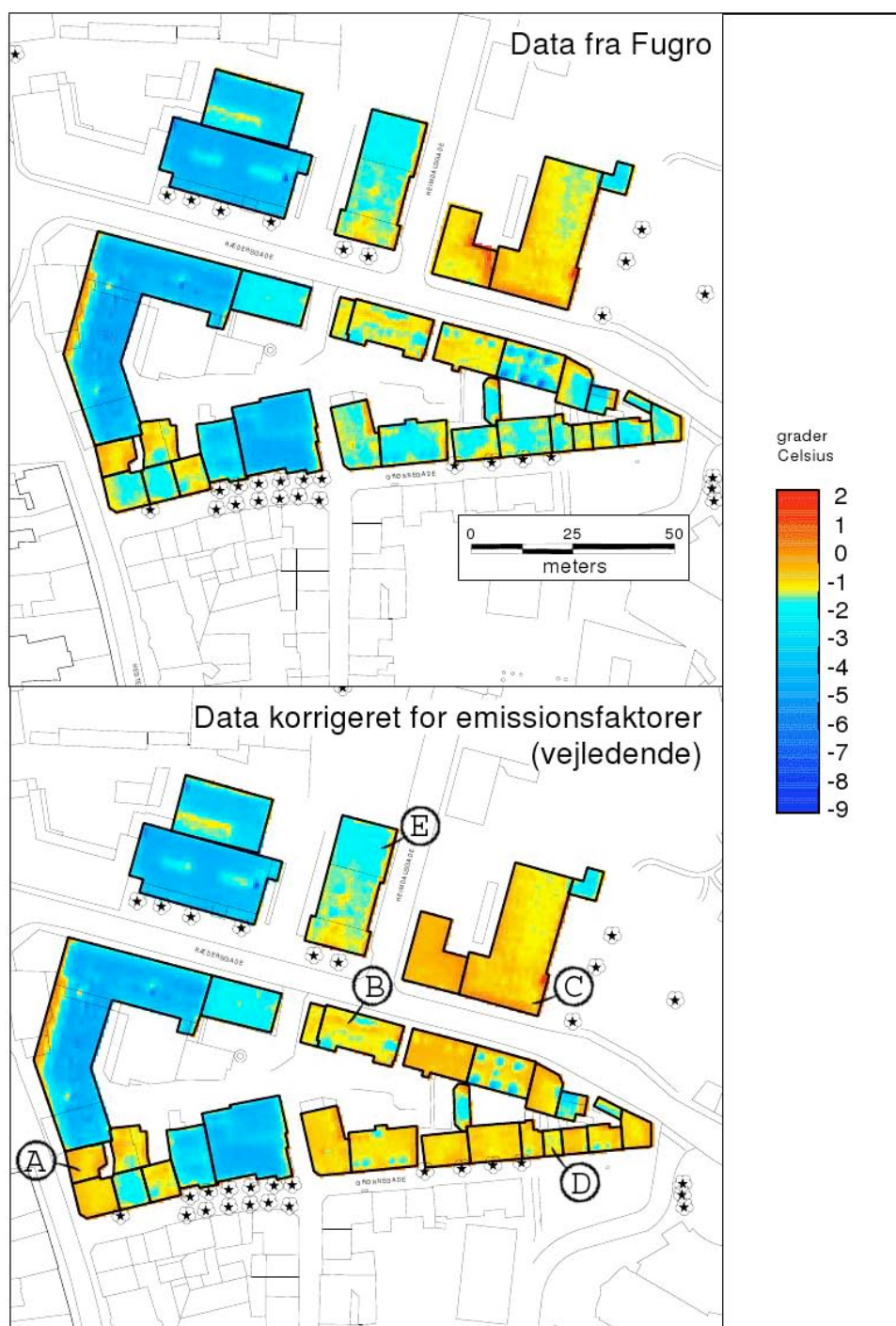


Fig 9 Øverste kort viser rådata. Derunder emissionskorrigeret kort. Tagene vises nu varmere



Fig 10 Skråfoto over området til fastsættelse af tagmaterialer. Reference bogstaver bruges ved "Kortanalyse" se nedenfor

Kortanalyse

Se fig 9,10

Fem huse undersøger vi her nærmere: A, B, C, D og E.

Trods manglerne ved vor simple formel, kan resultaterne godt bruges til at analysere bygninger indbyrdes med samme tagmateriale.

For at starte med B er vi overbevist om at bygningen stadig var under ombygning da flytermodata blev registreret 25.marts 09.

Det vil i så fald være en stor pressening til beklædning af stilladset, som er registreret, så denne bygning ser vi bort fra i analysen..

Bygning C's tagpaptag har fået tildelt samme emissionsfaktor som andre tagpaptage, eksempelvis den største bygning mod vest. C udviser markant anden emission/temperatur.

Den store bygning har fladt tag, sandsynligvis med tagpap brændt direkte på hårde isoleringbatts. Bygning C har derimod høj tagrejsning, sikkert konstrueret med ventilation. Vi ved fra David Allinson's undersøgelser(side 61) at:

*"Convection was found to be a **heat gain** as roof surfaces dropped below ambient air temperature on cold, clear, calm nights and radiative losses to the cold night sky dominated. The loft space heat balance developed for this study included radiative and convective heat exchange at the inside surfaces, and ventilation of the air. **Ventilation was found to be a heat gain**, under the conditions at the time of the Nottingham survey, **for all but the most poorly insulated houses modelled**. Radiative heat exchange dominated the heat transfer in the loft space".*

Vi forstår det som "velisolerede huse med høj rejsning ophober varme under tagfladen på grund af ventilation", åbenbart mest for godt isolerede huse.

Da vi forudsætter at C har ventileret tagrum, kunne dette være årsagen til den varmere tagflade.

I det tilfælde er det et spørgsmål om uens taghældning, som spiller ind (Se fig 11).

Table 6-1: Radiative heat losses calculated from Equation 6-2

Radiation heat loss W/m^2 for roof pitch		
1:1	1:2	1:3
39.74	44.07	45.05

It can be seen from Table 6-1 that radiative heat loss increases with roof pitch as the sky view factor increases and more heat is lost to the relatively cold sky.

Fig 11 Skema viser sammenhæng mellem taghældning og varmetab ved udstråling (David Allinson)

Bygning A, D og E har tagrejsning med bølge eternit.

Vi ser en stor temperaturspredning mellem E og de to andre bygninger.

Taghældningen er lavere hos E end hos de to andre.

Fig 3 Beskriver indstrålingen fra "Cold night sky". Denne refleksion vil være større for lave taghældninger, som samtidigt medfører lavere varmerefleksion fra naboejendomme, og dermed giver et koldere tag.

Vi anbefaler dog at bygning E bliver undersøgt nærmere for tagrummets isolering og ventilation.

Bygningen huser et diskotek som næppe kræver den store opvarmning.

Vi observerer faktisk her en sammenhæng mellem lavt varmekonsum og en registreret kold tagflade (Se næste afsnit om "Forbrugskortet").

Alternativ måde at registrere "varmesyndere": Forbrugskortet

Vi har haft mange tvivlsspørgsmål undervejs i fremstillingen af termokortet, herunder tolkningen af de resulterende temperaturer og om hvorvidt kortet kan bruges til at afsløre "varmesyndere".

For at færdiggøre kortanalysen fremstiller vi derfor nedenstående supplerende kort som viser varmeforbrug på de enkelte ejendomme.

Det alternative "Forbrugskort" udføres ligeledes som "flyfoto", hvilket giver det gode overblik. Kortet er bygget op over **aktuelle forbrugsdata per kvadratmeter** for hver ejendom.

På samme måde som ved ovenstående får vi farvetemaer, hvor rød er stort forbrug, over orange, gul, grøn, til blå, som er mindste forbrug.

Her skal i praksis også korrigeres for mange ting: Er der supplerende opvarmningsformer: brændeovn, varmepumpe, løs gasovn?

Derudover skal vurderes hvor stor andel af forbruget går til opvarmning af rindende vand, er der flere langttidsbadende teenagere, som måske ikke åbner vinduer og på denne måde holder på varmen i rummene. Dette og flere andre ting kan forskubbe det faktiske billede af opvarmningsforbruget.

Fremstillingen af kortet visende varmeforbrug:

(se også flowdiagram over forløbet på bilag 2)

Vi bruger den samme "Tegnbyg", som er tegnet tidligere af tagene og påført "vejkode og husnr, bogst" svarende til tabelstrukturen i BBR.

Dernæst geokodes BBR på Kortet med denne nøgle.

ID nummeret fra "Tegnbyg" har vi, ved indtastning af varmedata i ny tabel, også påført så de passer med adresser.

Vi kan nu, via sql forespørgsel, få tabel som viser: bolig- og erhvervs-arealer, varmeforbrug for perioden (ca et år) og adresser (Fig 12).

<pre> tegnbyg.id, tegnbyg.vejnavn, tegnbyg.husnr_bogst, Varmeværk_ren.Dato_start, Varmeværk_ren.Dato_slut, Varmeværk_ren.Forbr_Mwh, BBRudtræk9marts10.Samlet_boligareal, BBRudtræk9marts10.Samlet_erhvervsareal </pre>	Tabeller Kolonner Operatorer Aggregationer Funktioner
tegnbyg, BBRudtræk9marts10, Varmeværk_ren	
<pre> tegnbyg.vejkode = BBRudtræk9marts10.Vejkode and BBRudtræk9marts10.Husnummer_bogstav = tegnbyg.husnr_bogst and tegnbyg.id = Varmeværk_ren.id </pre>	
BBR_ok	Gem skabelon Indlæs skabelon

Fig 12 Tegnede tagflader, BBR og varmedata sammenlægges via SQL forespørgsel

Denne tabel gemmes og der kan nu beregnes sammenlignelige forbrug pr år. Til brug for temakort over Energiklasser deles forbruget pr kvm yderligere op i erhverv og bolig som ses herunder (Fig 13).

<pre> id, vejnavn, husnr_bogst, M²"HVW M²", Samlet_boligareal"Bolig M²", Samlet_erhvervsareal"Erhverv M²", Dato_start, Dato_slut, Forbr_Mwh, round(((Forbr_Mwh/(Dato_slut-Dato_start)*365)/M²)*1000, 0.01)"år Kwh/m²", round((((Forbr_Mwh/(Dato_slut-Dato_start)*365)/M²)*1000)/ (Samlet_boligareal+Samlet_erhvervsareal)*Samlet_boligareal, 0.01)"Bolig Kwh/m²", </pre>	Tabeller Kolonner Operatorer Aggregationer Funktioner
BBR_ok	
M² > 0	
års_m2_bolig_erhverv	Gem skabelon Indlæs skabelon
☐ Find resultater i det aktuelle kortvindue	

Fig 13 SQL forespørgsel som beregner forbrug pr kvm opdelt i bolig og erhverv.

Sql forespørgselen danner , ud over ID og adressekolonner, følgende forbrugsdata (se fig 14)

Læg mærke til at Horsens Varmeværks (HHV) arealer skulle stemme overens med summen af BBRs bolig- og erhvervs arealer, ellers kunne de ikke bruges.

14 bygninger ud af 22 har overensstemmelse arealmæssigt:

bogst	HVV M²	Bolig M²	Erhverv M²	Dato_start	Dato_slut	Forbr_Mwh	år Kwh/m2	Bolig Kwh/m2	Erhv Kwh/m2
	715	715	0	14-05-2008	18-05-2009	57,097	78,99	78,99	0
	394	394	0	14-05-2008	15-05-2009	60,510	153,16	153,16	0
	160	95	65	14-05-2008	15-05-2009	14,946	93,16	55,31	37,85
	72	72	0	14-05-2008	07-05-2009	8,216	116,34	116,34	0
	81	0	81	14-05-2008	15-05-2009	9,029	111,16	0	111,16
	312	312	0	14-05-2008	07-05-2009	22,369	73,1	73,1	0
	390	250	140	16-05-2008	15-05-2009	43,143	110,93	71,11	39,82
	478	0	478	09-06-2008	07-05-2009	36,278	83,44	0	83,44
	159	46	113	15-05-2008	11-06-2009	16,325	95,6	27,66	67,94
	3.753	3.648	921	09-06-2008	07-05-2009	294,914	86,39	68,98	17,41
	894	0	894	14-05-2008	17-05-2009	55,099	61,13	0	61,13
	325	0	325	09-06-2008	19-05-2009	55,224	180,29	0	180,29
	2.388	0	2.388	14-05-2008	18-05-2009	123,847	51,3	0	51,3
	194	0	194	14-05-2008	08-06-2009	21,211	102,33	0	102,33

Fig 14 Resultat af SQL beregning af forbrug per år pr kvm, fordelt på bolig og erhverv

Da vi besluttede at det blev for omfattende med energiklassekortet og droppede dette, valgte vi at bruge en tidligere SQL beregning, som viser de nedennævnte varmedata for alle bygninger, her i W pr kvm pr dag, men stadig baseret på årsgennemsnit (fig 15):

bogst	Dato_start	Dato_slut	_Dage	Forbrug	M²	mw_dag	W_m²_dag	energiklass
	14-05-2008	18-05-2009	369	123.847	2388	0.335629	140	
	14-05-2008	17-05-2009	368	55.099	894	0.149726	167	
	14-05-2008	07-05-2009	358	13.075	190	0.0365223	192	
	14-05-2008	07-05-2009	358	22.369	312	0.0624832	200	
	14-05-2008	07-05-2009	358	9.925	129	0.0277235	214	
	14-05-2008	18-05-2009	369	57.097	715	0.154734	216	
	09-06-2008	07-05-2009	332	36.278	478	0.109271	228	
3	09-06-2008	07-05-2009	332	294.914	3753	0.888295	236	
	14-05-2008	15-05-2009	366	14.946	160	0.0408361	255	
	15-05-2008	11-06-2009	392	16.325	159	0.0416454	261	
	14-05-2008	08-06-2009	390	21.211	194	0.0543872	280	
	16-05-2008	15-05-2009	364	43.143	390	0.118525	303	
	14-05-2008	15-05-2009	366	9.029	81	0.0246694	304	
	14-05-2008	07-05-2009	358	8.216	72	0.0229497	318	
	16-05-2008	15-05-2009	364	76	632	0.208791	330	
	14-05-2008	18-05-2009	369	71.612	533	0.19407	364	
	14-05-2008	15-05-2009	366	60.51	394	0.165328	419	
	14-05-2008	15-05-2009	366	269.448	1686	0.736197	436	
	14-05-2008	15-05-2009	366	55.354	310	0.15124	487	
	09-06-2008	19-05-2009	344	55.224	325	0.160535	493	
							0	ej fjernvarme
							0	ej fjernvarme

Fig 15 Resultat af SQL beregning, visende W pr KVM pr DAG baseret på årsgennemsnittet

Ud fra tabel fig 15 dannes så det tematiske kort (Fig 16):



Fig 16 "Forbrugskort" Baseret på forbrugsdata. Hvide tal viser forbruget for hver ejendom

Analyse

Af forbrugskortet kan direkte udlæses et stort eller lille forbrug for hver ejendom. Disse resultater skal selvfølgelig også korrigeres for supplerende brug af brændeovne, gasovne og varmepumper, som er mere og mere populære. Fordelingen af varmekonsumet til rumopvarmning i forhold til opvarmning af rindende vand kan ikke umiddelbart aflæses og må indgå i beregningen, hvis husets isoleringsforhold skal fastslås.

Vores alternative metode med "**forbrugskortet**", ser vi som en væsentligt bedre metode til at konstatere "varmesyndere".

Data er umiddelbart nemmere tilgængelige, de viser et gennemsnitligt forbrug over længere tid, ca et år, i modsætning til flyfotoets registrering på 1/7 sek.

Data kan indsamles om dagen og man er ikke begrænset af vejrliget.

Ved supplerende elforbrug og brug af bolig/erhverv tabellen fig 13, er det endvidere muligt at kategorisere husene med en Energiklasse.

Dette forudsætter dog ajourførte BBR oplysninger.

Datatilgængelighed

Termografisk flydata

Udvalget af termografisk flyfotodata er ikke stor. Det er stadig en ny metode og vi mangler derfor det store repræsentative udvalg af forskellige tagflader, til sammenligning og validering af de enkeltes fladers emissivitet

Emissionstabel

Til korrigerende af termodata for tagmaterialer kræves emissionstal.

Vi finder en hel del tabeller, som dog ikke er enige om tallene.

Tabellerne er meget enige omkring metalmaterialer, men når det drejer sig om byggematerialer er de ikke enige.

Vi bruger tal fra forskellige tabeller, og skeler til om resultaterne rammer den samme udetemperatur. Vi ved at de ventilerede tagflader har udetemperaturen, så farverne skal faktisk ende på samme resultat.

BBR

Da BBR traditionelt hovedsageligt er baseret på ejendommejerers frivillige indsendelse af rettelser omkring ejendomme, og dermed ikke fuldstændigt ajourført, er de tilgængelige data ikke fyldestgørende for vores projekt.

BBRs kategorisering af tagmaterialer (se eksempel ovenfor) er for grov, da for eksempel bølge eternit har en anden emissionsfaktor end skifer eternit.

Vi laver derfor visuel inspektion af tagflader (se bilag 3)

Ved fremstilling af temakort 3 omkring forbrug/kvm opdages endvidere uoverensstemmelse mellem BBRs og Horsens Varmeværks oplysninger om arealfordeling bolig/ erhverv.

Der er sammenhæng i arealerne i 14 ejendomme ud af 22.

Kort 10

Vi finder hurtigt ud af at vi ikke kan bruge kort 10 som baggrundskort, da vi tegner tagflader: Nøjagtigheden er ikke god ved sammenligningen med Teknisk kort 3.

Fuldstændigheden i Kort 10 (31 august 2009) mangler desuden bygninger som findes endnu, og som også optræder på det ældre TK3 kort (30 august 2001).

Konklusion

Vi har analyseret den flybaserede termografiske kortlægnings fordele og ulemper og kom frem til at metoden er vanskeligt anvendelig, da der er for mange faktorer der spiller ind herunder tidskrævende, økonomisk krævende og usikkerhedsprægede faktorer.

Metoden kan kun i sjældne tilfælde bruges til at finde "varmesyndere".

Samme konklusion kommer Teknologisk Institut frem til i analyse af 2. marts 2010:

"Det er Teknologisk Instituts praktiske, såvel som teoretiske erfaringer, at man med hensyn til isoleringsstandarden af en bygning kun i relativt set sjældne tilfælde kan uddrage en korrekt og nyttig information af en termografering af bygninger fra luften."

Underskrifter:

Horsens d. 09 april 2010

Filip Øbro

Thomas Kildegaard

Perspektivering

Til registrering af varmespild ser det stadig ud til at indendørs håndholdt termografering er den mest retvisende måde at bruge termografien på. Her kendes rumtemperaturen, luftsprækker kan konstateres og man får et meget præcist billede af problemerne.

Vi vil i senere rapporter undersøge andre muligheder som ligger i Flybaseret Termografering, herunder konstatering af labile grænser (hav, land), forurening af vandløb og hav, lækager i rørledninger og andet.

Tak til:

Andrew Flatman, Fugro
Mette Nørgaard, Horsens Varmeværk
Karsten Holst, Horsens Kommune
Kristian Andersen, Cowi
David Allinson, Fantastisk gennemarbejdet PhD om emnet (se link nedenfor)
Mikkel Sølyst Jørgensen, Tak for inspiration

Vertical Mapper instr: Susanne Høiberg
Vejleder, Kartograf Jarl Rolighed

Forfattere:

Filip Øbro 40317765
Thomas Kildegaard 60612421
KLT 4 VIAUC Horsens Udført: marts-april 2010

Bilag

Links

Rapport som støtter vores konklusion:
PhD af David Allinson: "Evaluation of aerial thermography to discriminate loft insulation in residential housing, 2007"
[http://etheses.nottingham.ac.uk/284/1/Microsoft Word - Thesis.pdf](http://etheses.nottingham.ac.uk/284/1/Microsoft_Word_-_Thesis.pdf)

Øvrige links som støtter rapporten:

<http://tkildegaard.homepage.dk/KLT4/links.html>

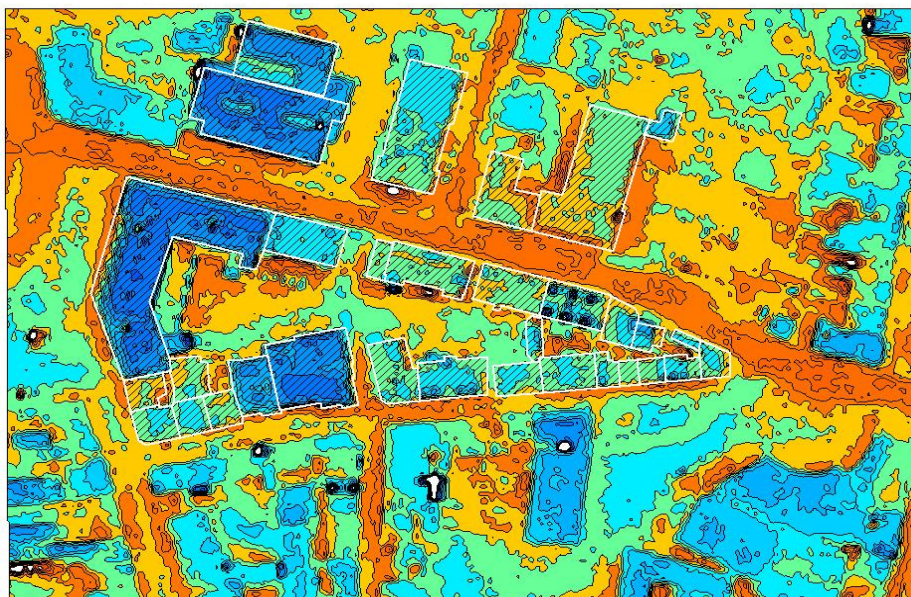
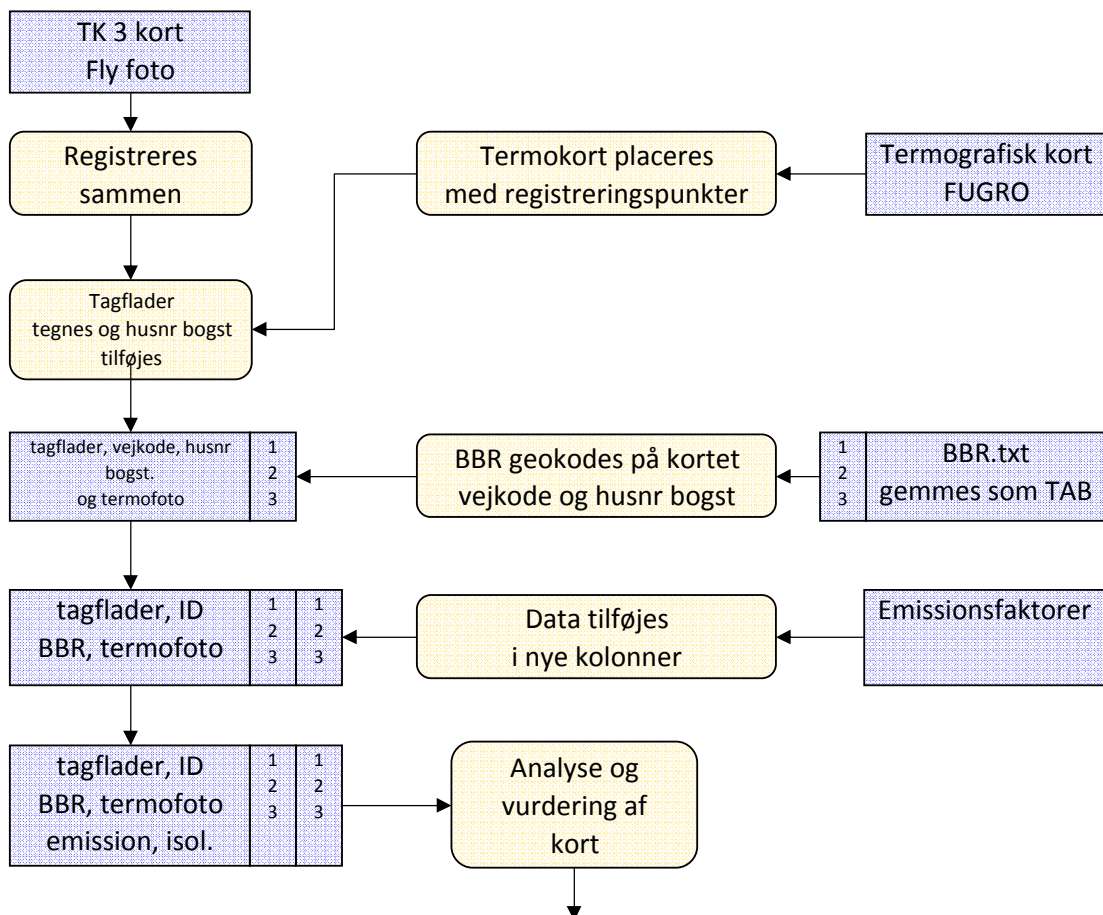
Copyright ©

Krak
Fugro
David Allinson
Teknologisk Institut
Horsens varmværk

Medfølgende antal af bilag er reduceret i netversion.

Arbejdsgang ved brug af TERMOGRAFISK data

software: MapInfo og Vertical Mapper

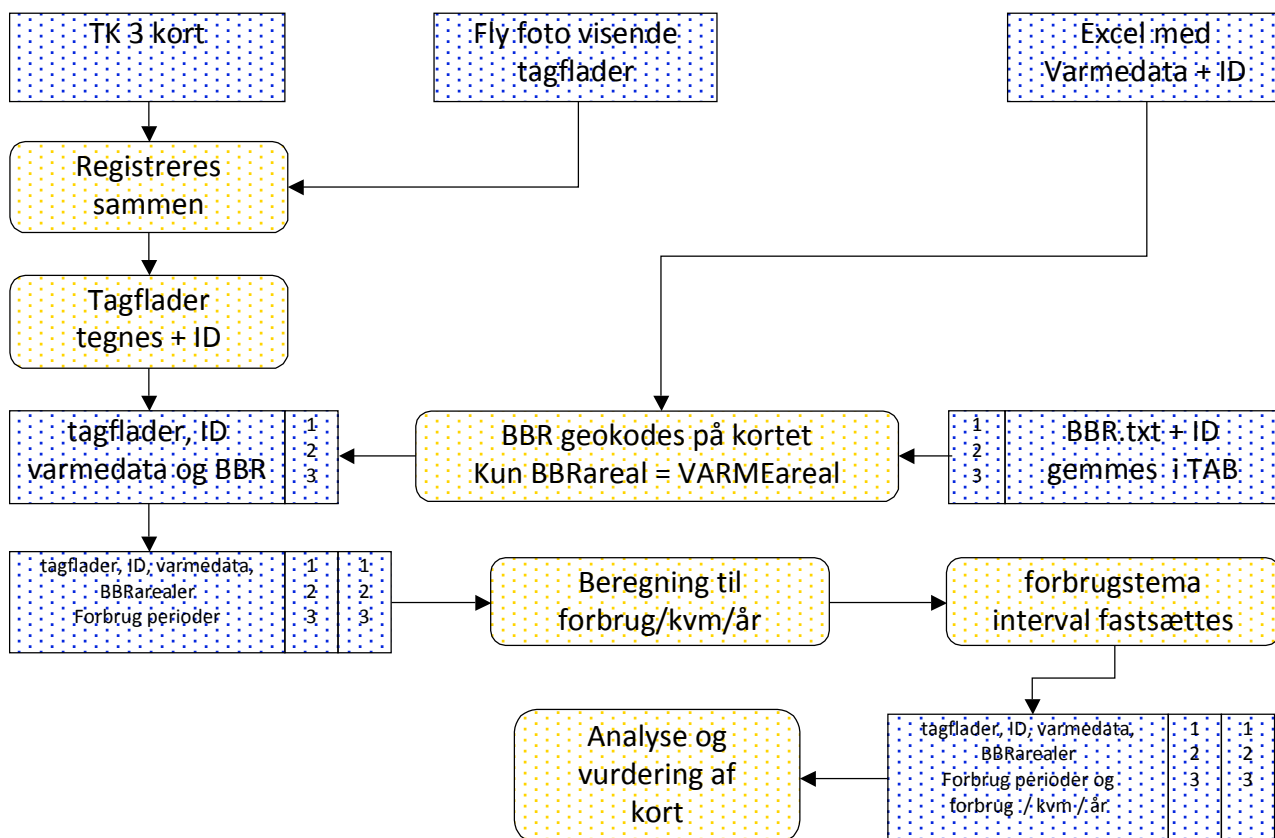


Arbejdsgang ved brug af FORBRUGS data

software: MapInfo og Vertical Mapper

arbejdsproces

kort eller tabel



346-09

USUEL REGISTRATION MAN 15/3 2010

Felt	veikode	veinavn	husnr	bogst	opvarmet areal	varme kwh
1	6763	Raadersgade		2	✓	SKIFER
2	6763	Raadersgade		4	✓	SKIFER
3	6763	Raadersgade		4	✓	SKIFER
4	6763	Raadersgade		6	✓	SKIFER
5	6763	Raadersgade		10	✓	SKIFER
6	6763	Raadersgade		10	✓	SKIFER
7	6763	Raadersgade		10	✓	SKIFER
8	2919	Grønnegade		27	✓	TEGL
9	2919	Grønnegade		27	✓	TEGL
10	2919	Grønnegade		25	✓	TEGL
11	2919	Grønnegade		23	✓	TEGL
12	2919	Grønnegade		21	✓	TEGL
13	2919	Grønnegade		19	✓	TEGL
14	2919	Grønnegade		17	✓	TEGL
15	2919	Grønnegade		15	✓	TEGL
16	2919	Grønnegade		15	✓	TEGL
17	2919	Grønnegade		13	✓	TEGL
18	2919	Grønnegade	011A			TEGL
19	8401	Thonbogade		21	✓	TEGL
20	8401	Thonbogade		21	✓	TEGL
22	2919	Grønnegade		5	✓	TEGL
23	2919	Grønnegade		3	✓	TEGL
24	2919	Grønnegade		1	✓	TEGL
25	2919	Grønnegade		3	✓	TEGL
26	3341	Hestedamsgade		24	✓	TEGL
27	8055	Svanes Torv	001-003		✓	TEGL
28	6763	Raadersgade		5	✓	TEGL
29	6763	Raadersgade		7	✓	TEGL
30	6763	Raadersgade	007b		✓	TEGL
31	6763	Raadersgade	007b		✓	TEGL
33	6763	Raadersgade		3	✓	TEGL
34	6763	Raadersgade		3	✓	TEGL

2
Nirgends = Teil
3 + 15 Slack Stunden
Kundratweir Feder
Gm
Nirgends = Teil
3 + 15 Slack Stunden
Kundratweir Feder
Gm