

VÆRKTØJSKASSE TIL FJERNVARMEMPROJEKTER

Gennemgang og vurdering af
anvendte værktøjer i projektområdet.
Samt en gennemgang af kilder til
beregningsforudsætninger.





I Energi på Tværs samarbejder 33 kommuner, 10 forsyningsselskaber og Region Hovedstaden. Sammen står de på en fælles energivision med mål om at hovedstadsområdets el- og varmforsyning er fossilfri i 2035. Tilsvarende skal transportsektoren gøres fossilfri i 2050.

Alle projektets publikationer er tilgængelige på www.energipåtværs.dk

Denne publikation er udarbejdet som led i projektet Energi på Tværs 2, i et samarbejde mellem de deltagende kommuner, forsyningsselskaber, Region Hovedstaden og Gate 21. Publikationen er et inspirationsoplæg til videre anvendelse. Projektdeltagerne kan på ingen måde gøres erstatningsansvarlige for informationer leveret som en del af dette projekt herunder brugernes anvendelse af den strategiske energiplan, dens baggrundsrapport og vejledninger eller for brugbarheden af de informationer og det materiale, som er offentliggjort på www.energipåtværs.dk.

Vejledning

Fælles værktøjskasse i Energi på Tværs 2 for planlægning og beregning af fjernvarmeprojekter

Dette notat indeholder en gennemgang af modeller, beregnere og øvrige relevante værktøjer i arbejdet med energiplanlægning og projektudvikling/projektgodkendelse på kommunalt, regionalt og lokalt niveau. Notatet indeholder en kort beskrivelse af de enkelte værktøjer, herunder også en vejledning om hvilke der er velegnede til forskellige opgaver.

1. Balmorel modellen

Balmorel modellen er velegnet til analyser af større og komplekse kraftvarmesystemer. Modellen blev udviklet omkring år 2000 som et EFP¹ projekt og anvendes i Danmark af bl.a. HOFOR, Dansk Fjernvarme / Grøn Energi, Dansk Energi, Ea Energianalyse og DTU. Modellen har også været anvendt af HOFOR, CTR og VEKS i fællesskab (med Ea Energianalyse som konsulent) i forbindelse med Varmeplan Hovedstaden.

Modellen foretager en økonomisk optimal lastfordeling af det samlede system, idet den regner på el- og varmesiden integreret. Dette svarer også til det princip, som anvendes i Varmelast.dk. Modellen minimerer de samlede omkostninger til el- og varmeproduktion under hensyntagen til bl.a.:

- Produktionskapaciteter (el og varme)
- Virkningsgrader
- D&V omkostninger
- Overførselskapaciteter i nettet (el og varme)
- Brændselspriser
- CO₂-kvotepris
- Afgifter

Blandt de resultater som kommer ud af modellen er bl.a. el- og varmeproduktioner på produktionsenheder eller grupper af produktionsenheder helt ned på timebasis. Herudover fås bl.a. også brændselsforbrug fordelt på produktionsenheder og brændselstyper, CO₂-emissioner, omkostninger, priser m.m.

Modellen er i stand til, at repræsentere driftspunkterne og de tilhørende omkostninger på kraftvarmeanlæg ret detaljeret, herunder om der er tale om modtryksanlæg med et fast forhold mellem el- og varmeproduktion eller udtagsanlæg, hvor el-produktionen, afhængigt af

¹ Energistyrelsens energiforskningsprogram

varmeproduktionens størrelse, i et vist omfang kan reguleres afhængigt af priserne i el-markedet. Modellen er også i stand til at repræsentere de ekstra driftspunkter på kraftvarmeanlæg som følger af bl.a. turbinebypass. Ligeledes er modellen i stand til at repræsentere bl.a. varmepumper, elkedler og varmelagre.

Modellen kan anvendes på forskelligt detaljeringsniveauer afhængigt af analysens formål. HOFORs version af Balmorel modellen og den version af modellen som har været anvendt i Varmeplan Hovedstaden indeholder en forholdsvis detaljeret repræsentation af hovedstadsområdet fjernvarme-/kraftvarmesystem. Dette er nødvendigt i forbindelse med udarbejdelse af prognoser for lastfordelingen samt analyser (business cases) af tiltag i fjernvarme/kraftvarmesystemet.

Foruden at kunne regne detaljeret på hovedstadsområdet fjernvarme-/kraftvarmesystem, kan Balmorel modellen anvendes til at fremskrive udviklingen i elprisen på lang sigt ud fra en række antagelser om udviklingen i el-systemet (Danmark + nabolande), brændselspriser, CO₂-kvotepris m.m.

Balmorel modellen regner detaljeret på produktionssiden, men har sammenlignet med netmodeller/hydraulikmodeller en relativ simpel repræsentation af varmenettet. Der kan derfor i visse typer analyser være behov for en vis iteration mellem Balmorel modellen og en hydraulikmodel.

Balmorel kan frit downloades fra hjemmesiden www.balmorel.com. For at kunne anvende modellen er der behov for at anskaffe softwaret GAMS med tilhørende matematisk solver. Herudover er der behov for at indsamle og opsætte en lang række inddata til modellen.

2. Termis

Termis er en hydraulikmodel, som regner detaljeret på varmenettet, dvs. tryk, temperaturer og flow ved forskellige varmeforbrug og -produktioner.

Modellen anvendes dels som **planlægningsværktøj** til statiske analyser, hvor det sikres, at tryk, temperaturer og flow ved givne driftssituationer holder sig inden for ønskede intervaller, og til dynamiske analyser (trykstødsanalyser), hvor det sikres, at eksempelvis et pumpe-trip ikke medfører trykstød udover hvad systemet kan klare. På den måde kan Termis anvendes til at planlægge vedligeholdelsen og udbygningen af nettet.

Herudover kan Termis anvendes som et **driftsværktøj** til løbende at overvåge nettet (online registrering) samt til at optimere temperaturer og flow i nettet, baseret på bl.a. varmeprog-noser, med henblik på at minimere varmetab samt elforbrug til pumper (temperaturoptime-ring).

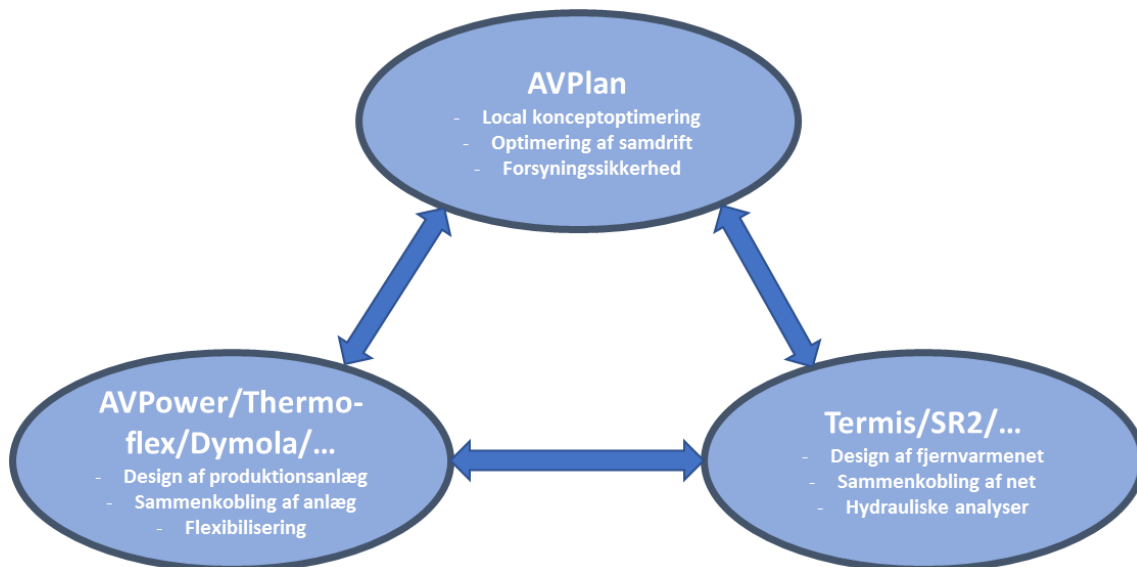
Termis anvendes i Danmark af bl.a. COWI, Rambøll, HOFOR, Vestforbrænding, Gen-tofte/Gladsaxe Fjernvarme, Hillerød Forsyning og række øvrige fjernvarmeselskaber.

Termis er et kommercielt udviklet værktøj, som leveres af Schneider Electric ([http://soft-ware.schneider-electric.com/products/termis/](http://software.schneider-electric.com/products/termis/)). For at kunne anvende modellen er det nød- vendigt at købe licens, ligesom det er nødvendigt, at få opbygget en model af eget fjernvar- menet (data) i modellen.

3. AVPlan

AVPlan er et værktøj til optimering af lokale produktions- og forsyningssystemer. Værktøjet optimerer både investeringer i nye anlæg og driften på tværs af anlæg. Dermed opnås det størst mulige dækningsbidrag for den enkelte anlægsejer, eller på tværs af flere anlægsejere som ønsker at samarbejde, fx på tværs af anlægsdriften i Københavns-området.

Værktøjet bruges primært i den fase, hvor der skal laves konkrete planer for nybygnings- og ombygningsprojekter. Leverancen er altså typisk meget konkrete handlingsplaner for, hvilke anlæg, der skal bygges/ombygges. Dette opnås dels ved, at optimere det lokale anlægs- setup vha. AVPlan, men meget ofte er det vigtigt med et samspil med rent tekniske analyser, som illustreret i figuren. Som vist i figuren, vil dette ofte indebære et tæt samspil mellem sy- stemmodellen i AVPlan og detaljerede modeller af hhv. produktionsanlæg og af fjernvarme- net. Eks. Termis eller System rørnet (SR2).



Et konkret eksempel er, at der overvejes at bygge mere produktionskapacitet, mere akkumulatortank kapacitet sammen med øget by-pass drift på et affaldsfyret anlæg. Dette er gennemført ved at opbygge en teknisk/økonomisk AVPlan model, som optimerer størrelse og placering af tanken i fjernvarmenettet. Da by-pass drift er en vigtig del af realisering af forretningsværdien i tanken, har det samtidigt været vigtigt at gennemføre meget detaljerede tekniske beregninger på by-pass station, udtagsrør på turbinen og på varmevekslere. Desuden har det været vigtigt at tilgodese de netsidige hydrauliske driftsforhold, så der er sikkerhed for at tanken bliver brugt bedst muligt til at understøtte trykforholdene i fjernvarmenettet. Dermed har det tætte samspil mellem de tre værktøjstyper i figuren været helt afgørende for at nå frem til beslutning om konkret implementering.

Figuren viser ligeledes eksempler på de værktøjer som typisk anvendes til analyser af produktionsanlæg og fjernvarmenet på detaljeret teknisk niveau. Termis, System rørnet (SR2) mm.

AVPlan arbejder med teknisk/økonomisk modeller som er skarpt afstemt med de virkelige drifts-, markeds- og afgiftsvilkår. Som eksempel er der mulighed for at modellere produktionsanlæg, som kører med en portefølje af brændselskarakteristika for forskellige affaldstyper og biomassetyper. Desuden vil modellen af selve produktionsanlægget kunne indeholde både by-pass drift, variable begrænsninger af driftsflexibilitet, udnyttelse af røggasvarme i absorptionsvarmepumper, komplekse interne omkoblinger i kraftvarmeanlægge, mv. Alle disse eksempler er afgørende for investeringer, men i den sidste ende også for marginalomkostningerne på el- og varmeleverancerne, samt for indkøb og lagring af forskellige brændselstyper. Den forretningsmæssige robusthed sikres gennem følsomhedsanalyser.

Modellen optimerer altså den samlede investerings- og driftsøkonomi, men vil også identificere de synergier og risici i drift og markeder, som kræver mere detaljerede analyser for at få afdækket. Analysens resultat er altså et økonomisk og teknisk grundlag for at kunne træffe og iværksætte investeringsbeslutningen.

Added Values udvikler, leverer og gennemfører konsulentopgaver baseret på AVPlan.

4. energyPRO

energyPRO er et værktøj til at simulere driften på kraftvarmeværker. Værktøjet anvendes af en række decentrale kraftvarmeværker, dels til driftsplanlægning og dels til langsigtet planlægning. Værktøjet simulerer eksempelvis driften af et decentralt kraftvarmesystem bestående af et gasmotoranlæg (KV-enhed), en kedel og et varmelager under hensyntagen til elprisen. Oprindeligt var programmet udviklet til at simulere driften af værket op imod treledstariffen. Men i takt med at de decentrale anlæg er overgået til at sælge deres el i spotmarkedet er programmet ændret til at simulere driften op imod priserne i el-spotmarkedet. Programmet simulerer således driften af de forskellige varmeproduktionsenheder samt også udnyttelsen af varmelageret.

Foruden kraftvarmeenheder, kedler og varmelagre kan programmet bl.a. også simulere driften af varmepumper og elpatroner. Foruden fjernvarme kan programmet også regne på fjernkøling.

Til forskel Balmorel så regner energyPRO ikke på elmarkedet. Det er således ikke muligt at anvende energyPRO til at foretage elprisfremskrivninger, ligesom det heller ikke er muligt at analysere tiltag som er så store at de påvirker elprisen. I energyPRO indgår elprisen alene som en fast inputparameter, dvs. eksogen variabel / randbetingelse.

energyPRO anvendes typisk til mindre fjernvarme/kraftvarmesystemer som f.eks. de decentrale. Herudover har Aalborg Universitet anvendt modellen i forbindelse med udarbejdelse af regionale energianalyser og senest har Rambøll anvendt modellen til at simulere produktionsfordelingen i hovedstadsområdet.

5. Samlet overblik over modeller/værktøjer

Her vises et samlet overblik over de forskellige modeller/værktøjer, f.eks. som en figur/illustration eller som tabel med angivelse (krydser) af hovedkarakteristika for de forskellige modeller.

Tabel 1: Samlet overblik over modeller/værktøjer

	Velegnet til at regne på større/regionale sammenhængende el- og kraftvarmesystemer	Velegnet til at analysere udviklingen i el-markedet (dvs. indeholder el-markedsmodel)	Regner integreret på el- og varmesiden (minimerer de samlede omkostninger i systemet)	Regner på produktionssiden, herunder detaljeret repræsentation af kraftvarmeteknologier (udtag, modtryk, by-pass)	Regner på varmenettet (kapaciteter, tryk, flow, temperaturer)	Brugervenlighed
Balmorel	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	✓	✓
Termis	✓	-	-	✓	✓✓✓	✓✓
AVPlan	✓	-	✓✓✓	✓	✓	✓
energyPRO	✓	-	✓	✓	✓	✓✓✓

Vejledning

Beregningsforudsætninger for varmeforsyningsprojekter i Energi på Tværs 2

Dette notat indeholder en oversigt over relevante kilder til beregningsforudsætninger i forbindelse med arbejdet med energiplanlægning og projektudvikling/projektgodkendelse på kommunalt, regionalt og lokalt niveau.

Energistyrelsens samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger

Energistyrelsen udgiver med jævne mellemrum en oversigt over samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger. Seneste version er rapporten "Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner" fra august 2017.

Rapporten indeholder en lang række forudsætninger i form af bl.a. prognoser/fremskrivninger helt frem til og med 2040. Af forudsætninger kan bl.a. nævnes:

- Brændselspriser
- Elpriser
- Emissionsfaktorer
- Værdisætning af emissioner, herunder bl.a. CO₂-kvotepris

Forudsætningerne skal lægges til grund i når der i forbindelse med Projektforslag efter Varmeforsyningsloven/Projektbekendtgørelsen udarbejdes samfundsøkonomiske analyser. På den måde sikres det, at projekterne vurderes af kommunerne på et konsistent grundlag. Ligeledes sikres det, at projekter i energisektoren vurderes ud fra de samme overordnede principper som projekter i andre sektorer, idet forudsætningerne udstukket af Energistyrelsen følger Finansministeriets principper og retningslinjer.

En udfordring i relation til den ønskede grønne omstilling i energisektoren er, at de samfundsøkonomiske forudsætninger ikke indeholder nogen værdisætning af i hvor høj grad et projekt bidrager til den grønne omstilling eller ej. Ofte er det med de nuværende samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger, herunder bl.a. relativt lave samfundsøkonomiske priser på naturgas, ikke samfundsøkonomiske rentabelt at konvertere til vedvarende energi eller øget energieffektivitet. Hermed kan kravet om samfundsøkonomiske rentabilitet komme til at spænde ben for den ønskede grønne omstilling.

Foruden at forudsætningerne fra Energistyrelsen anvendes i samfundsøkonomiske analyser, kan de også anvendes som kilde/inspiration til beregningsforudsætninger i forbindelse med

selskabsøkonomiske analyser. Dette gælder i særdeleshed udviklingen i brændselspriser og evt. også udviklingen i CO₂-kvoteprisen. Mht. udviklingen i elpris skal man være opmærksom på, at Energistyrelsens samfundsøkonomiske elpris er udtryk for den samlede samfundsøkonomiske omkostning forbundet med at producere el. Dette er ikke nødvendigvis det samme som elspotprisen, idet en række elproduktionsomkostninger jo dækkes ved siden af elspotmarkedet i form af elproduktionstilskud og lign. Energistyrelsens fremskrivning af den samfundsøkonomiske elpris afspejler derfor ikke nødvendigvis udviklingen af prisen i elspotmarkedet.

De samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger kan findes her:

https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Analyser/samfundsoekonomiske_beregningsforudsætninger_2017_ver_2.pdf

Energistyrelsen har også udarbejdet en vejledning i hvordan samfundsøkonomiske analyser på energiområdet bør udarbejdes. Vejledningen tager udgangspunkt i en række overordnede retningslinjer fra Finansministeriet.

Energistyrelsens vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet kan findes her:

<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/samfundsoekonomiske-analysemetoder>

Energistyrelsens og Energinet.dk's teknologidata

Energistyrelsen og Energinet.dk udgiver i fællesskab en række teknologikataloger. Disse kataloger indeholder tekniske og økonomiske nøgletal for en lang række energianlæg, herunder blandt andet:

- Centrale el- og varmeproduktionsanlæg (f.eks. biomassekraftvarme og store varmepumper i fjernvarmesystemet)
- Decentrale el- og varmeproduktionsanlæg (f.eks. gasmotorer, gaskeder og biomassekedler)
- Individuelle el- og varmeproduktionsanlæg (f.eks. gaskedler, solvarme, varmepumper og solceller)
- Varmelagre
- El- og varmenet

Teknologibeskrivelserne udarbejdes af eksperter på området, f.eks. TI, DGC og forskellige rådgivere. Teknologibeskrivelserne reviewes herudover af en række øvrige eksperter inden de udgives.

Trods grundigheden i forbindelse med udarbejdelsen vil sådanne generelle teknologibeskrivelser altid være forbundet med en vis usikkerhed. Katalogerne giver dog et god overblik og er velegnede til en første gennemregning/analyse. En fordel ved katalogerne er, at der er gjort meget ud af, at de forskellige teknologibeskrivelser er opstillet på en konsistent måde. Derfor er forudsætningerne velegnede til en sammenligning af teknologier på tværs. Energi styrelsen påpeger på deres hjemmeside, at teknologikatalogerne ikke bør anvendes til at vurdere det konkrete projekt i forbindelse med godkendelse af kollektive varmforsyningsprojekter. Energistyrelsen anfører samme sted, at medmindre det kan dokumenteres, at andre data bør anvendes, bør teknologikatalogets data dog finde anvendelse ved vurdering af relevante alternativer.

Teknologikatalogerne kan findes her:

<https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/teknologikataloger>

PWC Afgiftsvejledning

I forbindelse med analyse af energiprojekter spiller afgifter en afgørende rolle. Det kan nogen gange være svært at finde rundt i de forskellige relevante afgiftslove og finde de gældende afgiftssatser. En mulig kilde til afgifter er PWC's afgiftsvejledning. Seneste version er publikationen "Afgiftsvejledning 2018 – Samlet overblik over afregning og godtgørelse af afgifter" fra december 2017.

Afgiftsvejledningen kan findes her:

<https://www.pwc.dk/da/publikationer/2018/pwc-afgiftsvejledningen-2018.pdf>