



KLIMATILPASNING – BYFORGRØNNELSE SOM MIDDEL TIL BYMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

DTU Management, 2010

Ditte Ivalu Esbirk s032473

Bastian Junker s023027

TITELBLAD

KLIMATILPASNING – BYFORGRØNNELSE SOM MIDDEL TIL BYMÆSSIG BÆREDYGTIGHED

Specialeprojekt, 2010

Byggeteknologi, BYG-DTU

Afleveret januar 2010

Udarbejdet af: Ditte Ivalu Esbirk s032473

Bastian Junker s023027

Vejledere: Birgitte Hoffmann DTU Management
 Jan Lilliandahl Larsen DTU Management

PROBLEMFORMULERING

”Hvilke konkrete konsekvenser får klimaforandringerne i danske byer, og hvad er mulighederne for tilpasning? Hvor effektiv en tilgang er byforgrønning, og hvilke grønne teknologier kan/bør benyttes? Hvordan implementeres begrønning bedst i eksisterende, tætte byområder, og hvilke planredskaber kan anvendes for at fremme denne udvikling?”

Med udgangspunkt i det centrale København vil vi afdække potentialet af byforgrønning som tilpasningsstrategi. Ud fra en konkret udvalgt københavner-karré afprøves mulighederne for implementering af forskellige grønne teknologier, hvorefter deres fordele og ulemper samt deres samlede virkning gøres op. Dernæst undersøges plansystemets rolle i realiseringsprocessen. Eksisterende barrierer og potentialer identificeres, hvorefter ansvarsfordeling, aktørnetværk og incitamenter analyseres. Til sidst bringes en anbefaling vedr. fremgangsmåden for klimatilpasning af byer via forgrønnelsestiltag.

FORORD

Dette er et kandidatspeciale på 35 ECTS-point udarbejdet på Danmarks Tekniske Universitet i sidste halvdel af 2009 af studerende Bastian Junker og Ditte Ivalu Esbirk under vejledning af Birgitte Hoffmann og Jan Lilliendahl Larsen fra DTU Management.

Begge forfattere har en baggrund som diplomingeniører fra DTU's linje By- og bygging. (Architectural Engineering), som nu er omdøbt Bygningsdesign. Der startede vores interesse for byplanlægning, som bl.a. kom til udtryk i vores afgangsprojekter, der begge handlede om lokalplanlægning i Danmark. Siden har vi taget overbygningen i byggeteknologi med særligt fokus på by- og byggeledelse og bæredygtigt bygningsdesign.

Emnet for denne rapport er valgt ud fra ønsket om at kombinere vores tekniske, æstetiske og planmæssige kompetencer ved udarbejdelse af et løsningsforslag til et aktuelt samfundsproblem. Inspirationen til det specifikke tema fik vi af Jens Hvass fra Miljøpunkt Indre By, som selv i flere forbindelser har arbejdet med byforgrønnelse. Derudover er vi blevet løbende vejledt og inspireret af vores forskellige interviewpersoner, herunder især Marina Bergen Jensen fra KU LIFE, Niels Bendt Johansen fra Københavns E og Jesper Christensen fra Nykilde Frø, men også Gertrud Jørgensen fra KU LIFE, Louise Lundberg fra Scandinavian Green Roof Association og Dorte Rømø fra Københavns Kommunes center for Park og Natur.

Desuden vil vi gerne rette en særlig tak til Theresa Junker for hjælp til vores visualiseringer, Mushtaba Norestani for vejledning vedr. beregninger af vandafledning, samt Michelle Herreholm og Rolf Schiødt Petersen for input til de statiske overslagsberegninger.

RESUMÉ og ABSTRACT

Denne rapport tager udgangspunkt i de af FN's klimapanel forudsatte forandringer i det danske klima og de bymæssige konsekvenser, der vil følge deraf. Ud fra den vurdering, at oversvømmelser af kloakerne grundet stigende ekstremregn er det største og mest presserende problem, afdækkes mulighederne for tilpasning af vandhåndteringskapaciteten. I det udbygning af det konventionelle, centraliserede kloaksystem er en omkostningstung løsning, rettes fokus mod potentialerne ved øget plantedække og lokal afledning af regnvand, som også indebærer positive effekter over for andre konsekvenser af klimaforandringerne, herunder navnlig hedeølger og urban varme-ø-effekt. Denne tilgang bringer dog også udfordringer til planlægningen i form af ufuldendt vidensgrundlag og komplekse interesseforhold, som således søges anskueliggjort.

Derfor har det i processen været vægtet at trække på konkrete erfaringer fra ind- og udland, at opsøge og kortlægge relevante aktører, samt at søge information om de nyeste produkter indenfor grønne teknologier. Hovedvægten ligger på tag- og facadebeklædninger, da dette potentiale var mindst bearbejdet på forhånd, og da denne tilgang er forbundet med færre komplikationer end nedsivning til undergrunden. Med henblik på at skabe et mere lettilgængeligt indblik i mulighederne for at begrønne i den tætte by, samt de faktiske virkninger deraf, har vi udarbejdet et casestudie af en karakteristisk københavnerkarré, hvortil der er designet og regnet på 5 forskellige begrønningsscenerier. Disse scenarier holdes op mod hinanden ud fra en række kriterier, herunder vandhåndtering, som er fastsat på baggrund af den forudgående analyse, hvorved deres relevans som tilpasningsinitiativ kan vurderes. På dette grundlag laves et overslag over, hvorvidt København bør imødegå klimaforandringerne grønnere eller med større kloaker.

Konklusionen er, at byforgrønning er en effektiv løsning rent teknisk, men at den kræver ændringer og mere proaktiv tilgang i plansystemet for at blive realiseret.

This thesis takes its point of departure in the UN Climate Panel's scenarios in order to investigate the consequences of climate change for the cities of Denmark. From the finding that the most urgent and serious challenge will be flooding of sewers due to changed patterns of rainfall, the options of preparing the cities for future rain events are sought out. An enlargement of the traditional sewer system is a cost-intensive solution that also requires roadwork across the entire city.

By utilizing the multiple advantages of expanding greenspace cover instead, and managing rainwater on site, the city will experience positive side effects regarding heat waves and urban heat island effect among other things.

However, a green approach causes other challenges to city management, as it implies insufficient knowledge and brings more stakeholders to the scene.

Through the work with this thesis it has been emphasised to gather knowledge on green technologies from home and abroad, contact relevant professionals on the subject and gather information about the newest inventions. The main focus is green roof and wall systems, since these entail fewer complications, and their potential is not fully established.

By using a case study of an inner city residential block in Copenhagen, the opportunities for adapting to climate change through expanding greenspace cover is tested. Five different designs of greenery going from no green surfaces to a complete cover of foliage are analysed and compared. On this base an evaluation is made on whether to build green or enlarge the sewer system in Copenhagen.

The conclusions are that expanding urban greenspace cover can be an effective approach to climate change adaptation, but that it takes changes and proactive initiatives in the Danish planning system in order to be carried out.

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Introduktion

Indledning	6
Læsevejledning	10
Metode	12

2. Problematik

Fremtidsscenarier	22
Klimatilpasning	32

3. Byforgrønnelse

Generelle kvaliteter	46
Begrønning af bygninger	52
Supplerende teknologier	75
Implementering	86
Opsummering på analysedel	104

4. Casestudy

Præsentation	106
Begrønningsscenarier	118

5. Afrunding

Diskussion/kritik	146
Konklusion	149
Perspektivering	151

Bilag

I. INTRODUKTION

Indledning	6
Problemformulering	8
Vision	8
Problemfelt	9
Læsevejledning	10
Opbygning	10
Begrebsafklaring	11
Metode	12
Faglig tilgang	12
Tilvalg og Afgrænsning	12
Kildegrundlag	14
- Feltarbejde	14
- De enkelte analyse-afsnit	16
Proces	20

INDLEDNING

Det globale klima er ved at ændre sig: Vi hører om det konstant i medierne, vi ser det på fotos af de aftagende ismasser ved polerne, vi mindes om det gennem de mange naturkatastrofer omkring i verden. Men idet Danmark ligger relativt trygt placeret på verdenskortet, er klimaforandringerne stadig forbundet med noget fjernt og uvedkommende for mange mennesker herhjemme. Livet går ufortrødent videre efter COP15, der af nogle allermest blev set som et politisk mediestunt og en god mulighed for at gøre forretning.

Der er således et behov for at gøre problematikken nærværende og konkret. Selvom vi absolut ikke er den region, som er hårdest ramt, er der begyndt at komme konsekvenser: Nedbøren er blevet mere varierende og ekstrem, vindstyrkerne har oftere karakter af kraftig storm, og der forekommer flere og længere tørkeperioder og hedeølger. Dette forudses at blive yderligere forstærket over indeværende århundrede – scenarierne er rykket stadigt tættere på i løbet af de seneste år. Forebyggelsesinitiativer kan muligvis begrænse udviklingen, men ikke længere forhindre den, idet den eksisterende koncentration af drivhusgasser i atmosfæren vil være op mod 200 år om at udfases (FNs klimarapport 2007).

Således er behovet for tilpasningsinitiativer efterhånden blevet lige så aktuelt: Vi må forholde os til de klimaændringer, der er givet anledning til, og de konsekvenser, der så småt er begyndt at vise sig. Strategisk planlægning i forhold til fremtidige og ikke kun nutidige forhold er nødvendigt i en æra med forandringer.

Oversvømmelser i byerne er indtil videre det mest presserende problem (plan09, 2008), idet afløbssystemerne ikke er dimensioneret til de nye vejrforhold. I fælleskloakerede områder kan der endda forekomme spildevand i oversvømmede kældre og gader, hvilket kan have negativ betydning for folkesundheden. I Hillerød opstod der eksempelvis

heftige oversvømmelser i 2007, hvorefter det vurderedes at der ville gå 10-35 år før et regnskyl af samme størrelsesorden gentog sig, men allerede i 2009 oplevede byen igen ekstrem regn og oversvømmelser endnu kraftigere end de første (Birgitte Marfelt, 2009). Odense har haft tilsvarende problemer, hvor det nogle steder til sidst blev så grelt, at kommunen måtte opkøbe udsatte villaer og rive dem ned. Dette kan blive en bekostelig affære, uanset om man vælger at se tiden an eller at øge kloakkernes kapacitet, og alternative løsninger er derfor efterstræbt.

Udover oversvømmelserne vil de stigende temperaturer angivelig blive et tilbagevendende problem for komforten, også især i byerne. Hedeølger rammer hovedsagelig samfundets i forvejen svageste, hvilket i høj grad blev understreget i sommeren 2003, hvor dødeligheden blandt syge og ældre steg markant i det centrale Europa, og tusindvis af mennesker måtte lade livet (Verdens vejr går amok", Politiken.dk udland 26 juni 2007). Ud fra den betragtning at klimazonerne rykker gradvis nordpå, kan dette på længere sigt også forekomme i Danmark.

Den generelt stigende andel befæstet areal i byerne forstærker begge disse problemer:

- En af årsagerne til oversvømmelserne er, at regnvandet ledes direkte til kloakken, hvor det blandes med spildevand, da det ikke kan trænge ned i jorden.
- En af årsagerne til de højeste temperaturer i byerne er varme-ø-effekten, som kan få sommervarmen til at eskalere yderligere grundet høj varmeabsorption og lav fordampning.

For begge disse konsekvenser af klimaforandringerne gælder således, at de kan afhjælpes ved en forøgelse i mængden af permeable, evapotranspirerende overflader i byen, dvs. mere vegetation.

Den engelske regering har initieret et omfattende forskningsprojekt vedrørende klimatilpasningsstrategier (*Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment, 2006*), som i høj grad fremhæver netop potentialerne ved udvidelse af plantedækket i storbyen – herunder især optag/forsinkelse af regnvand og nedbringelse af varmeø-effekten, men også mere bløde kvaliteter som øget velvære i byen og større bymæssig attraktionsværdi.

Således vil det umiddelbart give mening at løse mest muligt af problemet med grønne tiltag af forskellig karakter. Men der hersker usikkerhed omkring, hvor stor en forskel det faktisk kan gøre. Denne projektrapport tager derfor udgangspunkt i kvantificeringen af potentialet for klimatilpasning via byforgrønnelse i Danmark.

Der er tre grundlæggende principper til håndtering af regnvand uden om kloakkerne: Man kan lede regnvandet væk og opsamle det andetsteds over eller under jorden; forsinke vandmasserne på vejen, så de når kloakkerne i overkommelige mængder; eller også kan man sørge for, at mulighederne for nedsivning/absorption bliver betydeligt forbedret, så størstedelen af vandet ikke skal bortledes overhovedet. Det fælles udgangspunkt for dem alle er, at regnen håndteres lokalt frem for centraliseret, hvorfor de går under fællesbetegnelsen LAR (lokal afledning af regnvand). Et andet grundlæggende princip er, at vandet som ressource skal udnyttes bedre, eksempelvis til nedkøling af byen via øget evapotranspiration, hvilket har givet anledning til en anden fælles betegnelse: Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS).

I Odense skal det afstrømmende vand nu omdirigeres fra de konventionelle centraliserede kloaksystemer til landskabsbaseret afvanding, som handler om nedsivning og tilbageholdelse af vandet i udvalgte, decentraliserede åbne områder under og over terræn – bl.a. på de tidligere villagrunde (2BG, 2008).

I Los Angeles har man i stedet eksperimenteret med regnvandsopsamling på matrikelniveau, hvor formålet var at minimere regnmængden i hovedkloaksystemet fra hver enkel grund ved at håndtere mest muligt via opmagasineringstanke, faskiner mm. Resultatet var, at regnskyl af en størrelsesorden, der tidligere ville have medført oversvømmelse, kunne klares uden problemer (Andy Lipkis, 2007). Men denne metode kan være svær at gennemføre i den meget tætte by, da der er et relativt begrænset ledigt udeareal pr. bygning.

En anden større undersøgelse med afsæt i bl.a. Ontario viser, at beplantning af tage kan forsinke regnvandet og samtidig nedsætte bygningers energiforbrug, forbedre luftkvaliteten, gøre bygningen mere brandresistent og fungere lydisolerende (Mentens et al., 2005).

Der ligger dog en stor udfordring i, hvordan man får gennemført disse tiltag i eksisterende byområder: Kun en brøkdel af bygningerne i en by er offentligt ejet, og projektet må nødvendigvis indbefatte et utal af aktører og interessenter, som vil efterspørge et gyldigt incitament. Derudover må det overvejes, hvordan et omfattende byforgrønnelsesprojekt kan finansieres. Der skal hentes hjælp fra højere lag i planhierarkiet i form af eksempelvis ny lovgivning og tilskudsordninger. Men det er vigtigt, at der knyttes en rød tråd gennem plansystemet, så den nødvendige viden og det nødvendige ansvar lander på rette sted. Vi kan finde inspiration i eksempelvis Berlin, hvor der i mange år har været ført en målrettet politik for grønne tage (IGRA-seminar), hvilket i dag fremgår helt tydeligt, hvis man kaster et blik ud over byen.

Et andet fokus i rapporten er således, hvordan man bedst får implementeret en strategi for forgrønnelse i danske byer. Forskellige koncepter afprøves og deres virkninger gøres op for at skabe et overblik over værdien af byforgrønnelse set i lyset af klimaforandringerne.

PROBLEMFORMULERING

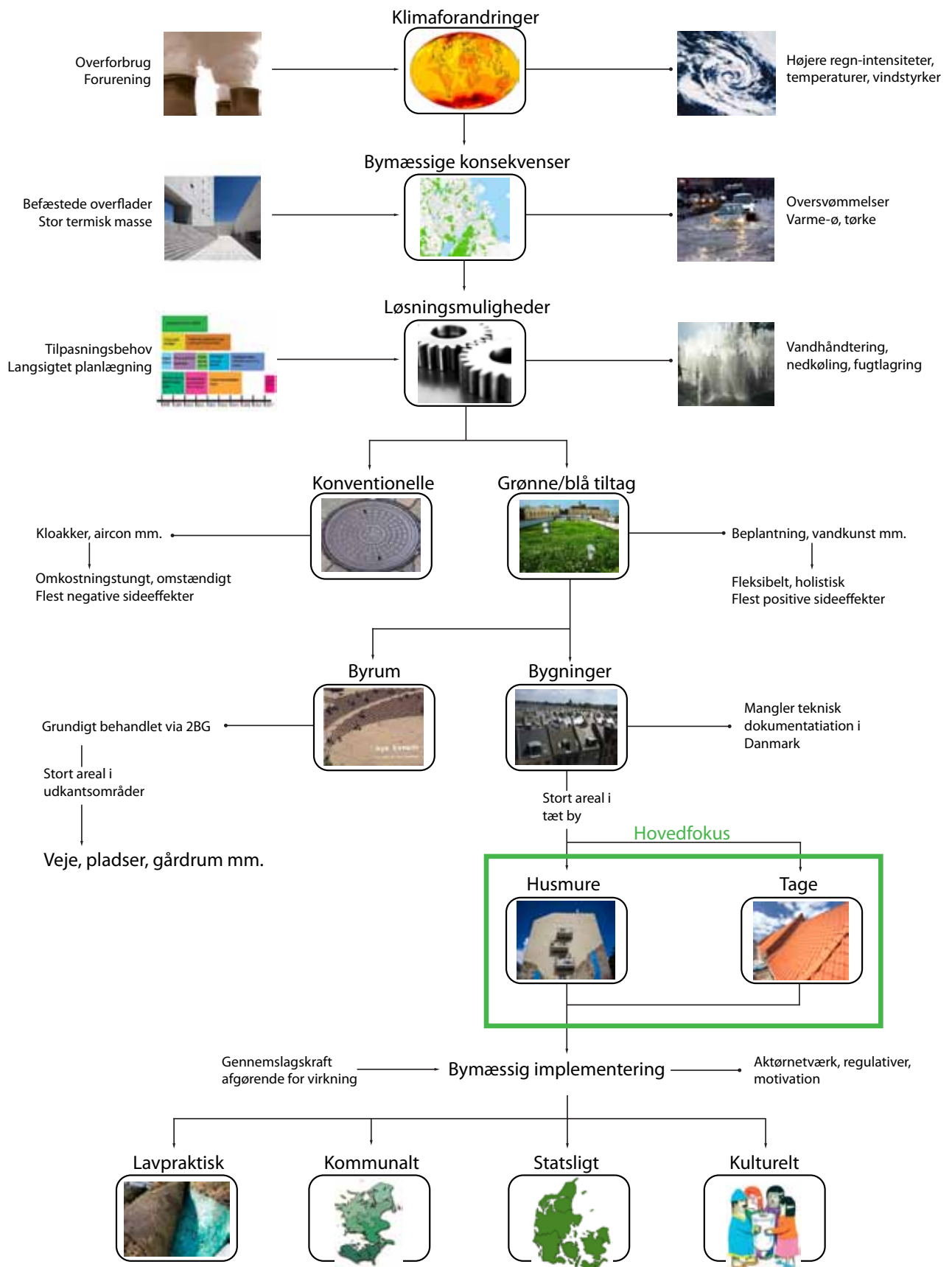
”Hvilke konkrete konsekvenser får klimaforandringerne i danske byer, og hvad er mulighederne for tilpasning? Hvor effektiv en tilgang er byforgrønning, og hvilke grønne teknologier kan/bør benyttes? Hvordan implementeres begrønning bedst i eksisterende, tætte byområder, og hvilke planredskaber kan anvendes for at fremme denne udvikling?”

Med udgangspunkt i det centrale København vil vi afdække potentialet af byforgrønning som tilpasningsstrategi. Ud fra en konkret udvalgt københavner-karré afprøves mulighederne for implementering af forskellige grønne teknologier, hvorefter deres fordele og ulemper samt deres samlede virkning gøres op. Dernæst undersøges plansystemets rolle i realiseringsprocessen. Eksisterende barrierer og potentialer identificeres, hvorefter ansvarsfordeling, aktørnetværk og incitamenter analyseres. Til sidst bringes en anbefaling vedr. fremgangsmåden for klimatilpasning af byer via forgrønnelsestiltag.

Vision

Vores ønske for dette speciale er, at det vil hjælpe beslutningstagere til at træffe de rette valg om at tilpasse vores byer, herunder især København, til de fremtidige klimaforhold på en æstetisk, rentabel og bæredygtig måde. Således kan byerne i fremtiden blive endnu mere attraktive steder at leve og samtidig bidrage mindre til nedbrydelsen af vores klodes vitale økosystemer, end det er tilfældet i dag.

PROBLEMFELT



Figur 1.1: Problemfelt og udvælgelsesproces illustreret på diagrammatisk vis.

Opbygning

Denne rapport er bygget op af fem adskilte hovedafsnit, som indholdsmæssigt er indbyrdes afhængige, men kan læses hver for sig, hvis læserens interesse begrænser sig til enkeltstående dele. Udover de fem hovedafsnit følger en række bilag, bestående af hhv. referater fra vores aktørinterviews og relevante seminarer, vores beregninger af kloakkapacitet, statisk bæreevne og potentialerne ved begrønning af bygninger, samt til sidst en række oversigtskort, som vi har benyttet til at få et overblik i forbindelse med casestudiet. Bilagene er således et afgørende udgangspunkt for specialet og indeholder meget af det benyttede vidensgrundlag, men skal ikke nødvendigvis læses for at få den overordnede forståelse af emnet og budskaberne.

Hovedafsnittene er inddelt som følger:

1. Introduktionen

består af de nødvendige formalia, herunder dette afsnit, som skaber et overblik over projektets formål, opbygning og metode. Dette afsnit tager udgangspunkt i spørgsmålene: Hvad vil vi frem til? Hvorfor er det relevant? Hvad er vores faglige udgangspunkt? Hvordan søger vi den nødvendige viden? Hvordan bruger vi den? Og hvordan formidler vi resultaterne?

2. Problematikken

introducerer mere uddybende, hvilke miljø- og samfundsmæssige mekanismer, der ligger til grund for vores emnevalg, samt hvad de betyder for udviklingen i vores byer: Hvad forventes at blive de afgørende ændringer i vores klima som følge af den globale opvarmning? Hvad bliver de mere konkrete konsekvenser i danske byer? Hvad er mulighederne for tilpasning til de nye og kommende miljømæssige betingelser? Hvilke fordele og ulemper ser man i de forskellige tiltag? Og hvilke teknologier er under udvikling?

3. Byforgrønnelses-afsnittet

går i dybden med vores valgte fokusområde: klimatilpasning vha. begrønning af byrum og især bygninger, som opfølgning på de overvejelser, der fremstilles i sidste del af det foregående hovedafsnit. Hvilke grønne teknologier har vi at gøre godt med? Og hvilke af disse er at foretrække hvor? Hvad er virkningerne, og hvor store er omkostningerne? Hvordan implementeres det, og hvad ligger der af barrierer, for at det bliver realiseret?

4. Casestudiet

er den konkrete afprøvning af teorierne i byforgrønnelses-afsnittet. Der fokuseres på klimatil-

pasning af storbyen København gennem studie af potentialerne ved begrønning af en klassisk københavnerkarré. Hvad kan man typisk opnå på matrikelplan i den tætte, eksisterende by? Hvor omfattende et indgreb vil der være tale om, og hvilke parametre skal man tage højde for? Hvordan kombineres teknologierne bedst, og hvor stor en forskel vil det gøre på byniveau?

5. Afrundingen

samler delkonklusionerne fra hvert af de ovenstående afsnit, hvorefter de diskuteres, og relevante kritikpunkter opridses. På dette grundlag bringes den endelige konklusion på problemet. Herefter følger en perspektivering, hvor der zoomes ud igen, og større samfundsmæssige perspektiver overvejes i forhold til de opnåede resultater.

Hvad har vi lært? Er byforgrønning en effektiv løsning på konsekvenserne af den globale opvarmning? Kan det stå alene, eller skal der andre tiltag i spil? Hvad er der af faldgruber, utilstrækkeligheder og ulemper? Er det realistisk at opnå en tilstrækkelig grad af byforgrønning på byniveau? Eller ville en anden tilgang kunne tænkes at løse problemet bedre? Er der nogle eksterne parametre, som kan få en betydning, og som der ikke er taget højde for?

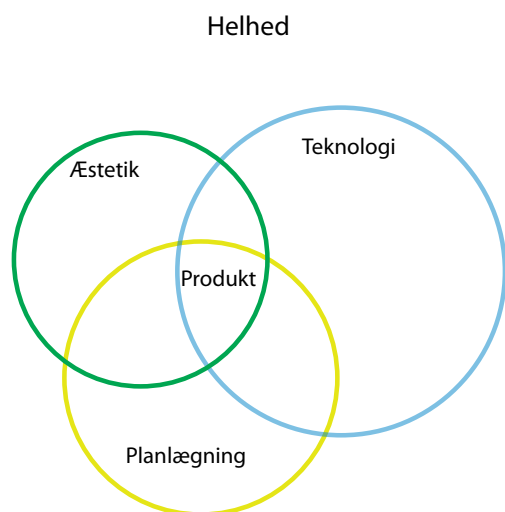
Rapportens fem dele retter sig således tilsammen mod interesserede på alle samfundsniveauer, og det er vores håb, at den kan fungere som oplysning, inspiration og vejledning i forhold til de konkrete udfordringer vores byer går i møde i forbindelse med klimaforandringerne.

Begrebsafklaring

Da der i Danmark er kommet en ny grøn bølge, hvor der efterhånden for alvor arbejdes på tværs af fagligheder i forbindelse med ideen om ”den grønne by”, er man endnu ikke nået til fuld enighed vedrørende de centrale fagudtryk – nogle faggrupper bruger konsekvent ordet ”begrønning”, mens andre taler om ”byforgrønning”. I denne rapport benyttes begge disse termer på skift, da vi oplever, at der er en nuanceforskel. Vi arbejder således ud fra følgende definitioner: Byforgrønning beskriver en overordnet grøn strategi for udviklingen i en by eller et byområde, mens begrønning er det konkrete grønne tiltag, man udfører på en bygning eller i et byrum. Med grøn henvises her til opgradering af byens flora og ikke farven alene. Dette er en egen definition, og det kan dermed ikke udelukkes, at andre bruger begreberne anderledes.

Faglig tilgang

Med udgangspunkt i vores tværfaglige uddannelsesbaggrund, der spænder mellem bygningsingeniørkunst, byplanlægning og arkitektur, har vi i dette projekt søgt at forene nogle af de tekniske, æstetiske og samfundsstrategiske aspekter inden for det valgte problemfelt for derigennem at skabe et overblik over emnets helhed. Man kan sige, at vores problemstilling kombinerer normalia- og planlægningsperspektiver (Bitsch og Pedersen, 2009), idet ændrede miljømæssige forudsætninger leder til problematisering af de konventionelle teknologier, hvilket skaber et behov for nye samfundsmæssige strategier.



Figur 1.2: Diagrammet viser hvordan vægtningen af vores faglige kompetencer er fordelt i projektet. (Egen illustration)

Vi har fra starten arbejdet pragmatisk og løsningsorienteret med det formål at belyse barrierer såvel som potentialer ved byforgrønning i forhold til klimaforandringerne, samt at simplificere beslutningsprocessen for både offentlige og private aktører med interesse/behov for klimatilpasning.

Vores metodiske tilgang har bestået af en kombination af samtaler og interviews med forskellige aktører, indsamling af videnskabelige artikler, deltagelse i relevante seminarer, samt udførelse af diverse beregninger og visualiseringer.

Tilvalg og Afgrænsning

Da byforgrønning lader til at være en tilpasningsstrategi, der kombinerer interesserne for både økonomisk, miljømæssig og urban bæredygtighed (bilag 1.9), er det noget mange forskellige aktører i byen udviser interesse for. Vores arbejde tager således udgangspunkt i den antagelse, at byforgrønning er et fordelagtigt udviklingsmål. Men det virker som om, der stadig er nogle afgørende huller i bl.a. planloven, den forhåndenværende viden og kommunikationen på tværs af samfundsgrupper, som besværliggør udviklingen. Det har derfor været vigtigt for os at få formidlet emnet i sin bredde: fra de helt lavpraktiske overvejelser vedr. montage og vedligehold over den udvalgte teknologis generelle karaktertræk i faktuelle tal til de overordnede politiske beslutninger, der bør træffes, for at få tiltaget gennemført – når og hvis det vel at mærke bør gennemføres. Dette giver en rød tråd gennem implementeringsprocessen, men betyder samtidig, at mange aspekter ikke i samme grad har kunnet behandles i dybden.

Eksempelvis er behandlingen af aktørnetværk og borgerinddragelse i forbindelse med netop lokal håndtering af regnvand et meget stort emne i sig selv og kunne snildt have fyldt en tilsvarende rapport ud alene. Her gives der kun en relativ kort gennemgang. Ligeledes har vi med den brede formidling i sigte valgt en forholdsvis pragmatisk tilgang til emnet, hvilket samtidig betyder, at mere abstrakte byteoretiske perspektiver såsom social-

konstruktivisme og refleksioner vedrørende begrebet ”den gode by” er blevet udeladt.

Et videre studie kunne også oplagt omhandle mere dybdegående overvejelser angående byforgrønnelsens mulige egenskaber som forebyggende tiltag i forhold til klimaforandringerne og den generelle menneskerelaterede belastning af naturen.

Herunder hører begreber som det økologiske fodaftryk, cradle to cradle, urban agriculture og vertical farming, som alle indeholder interessante perspektiver i den sammenhæng. Men da vores fokus er tilpasningsstrategier falder de desværre uden for emnet.

Tilpasning via begrønning af byrum i gadeplan behandles i forvejen grundigt gennem forskningsprojektet 2BG, samt i Københavns Kommunes katalog over lokal afledning af regnvand (LAR), hvorfor vi har valgt at koncentrere os mere om potentialerne på selve bygningerne – dette er endvidere i højere grad inden for vores faglige felt.

Vi har gennem undersøgelserne oplevet, at især grønne tage nævnes af mange aktører på godt og ondt, men at ingen rigtig har et konkret billede af, hvor effektivt et tilpasningsinitiativ, det egentlig udgør for en by. I den forbindelse har vi fundet flest eksempler på implementering i parcelhuskvarterer, nye byområder og på nybyggeri generelt, da dette er det mest overskuelige at gennemføre både statisk og planmæssigt. Men idet de tætte, eksisterende byområder er de sværeste at tilpasse, og det samtidig er her, overfladearealet af tage og vægge udgør den største del af byens åbne flader og dermed det største potentiale, faldt det os endvidere naturligt at vælge den eksisterende, tætte by som fokusområde for undersøgelsen.

De tekniske beregninger vedrørende den valgte

case har vi set os nødsaget til at holde på overslagsniveau. Beregninger af kloakkapaciteten er således kun udført for en enkelt gade, da forholdene længere nede i systemet med diverse forgreninger og tilkoblinger ville kræve meget omfattende regnearbejde. På mere overordnet byniveau har vi således valgt at tage udgangspunkt i tal fra Københavns E, som har en bedre mandsopdækning på området.

Beregninger af bygningens bæreevne begrænses til de dele af bygningen vi ændrer på, dvs. tagkonstruktionen. Da den valgte karré hovedsagelig skal bruges som grundlag for et bymæssigt overslag regner vi desuden ikke på samlingerne, idet det vurderes, at tilstanden af disse vil variere mere fra en karré til den næste end selve hovedkonstruktionen. Ydermere kan mange samlinger lettere retrofittes uden stilladser, tagrenovering o. lign.

Beregningerne af de konkrete vandhåndterings-egenskaber for forskellige typer grønne tage og vægge er ligeledes baseret på overslagsmæssige vurderinger ud fra vores samlede kilder, blandt andet fordi der så vidt vides ikke eksisterer fyldestgørende data, og vi ikke selv har haft arbejdstimer nok til at udføre de påkrævede forsøg.

Også de detaljerede beregninger af totaløkonomien er uden for vores rækkevidde, selvom dette er et oplagt tema for videre undersøgelse.

Kildegrundlag

For at dække de tre faglige vinkler, planlægning, teknologi og æstetik, har der været benyttet en kombination af flere metodetilgange. Med henblik på at kickstarte processen har vi i startfasen deltaget i flere relevante seminarer og afholdt møder med involverede parter for på den måde at skabe et overblik over emnets aktuelle problemstillinger og vidensgrundlag.

Dette gav samtidig et indblik i mange af de planmæssige overvejelser og i forlængelse af disse også en erkendelse af, hvilke teknologiske sammenhænge, der manglede konfidens. Ydermere gav det anbefalinger til videre kontaktpersoner og studier. På dette grundlag foretog vi en omfattende litteratursøgning med fokus på nyere videnskabelige artikler og rapporter.

For at konkretisere budskaberne vedrørende de grønne tiltag afsøgte især artikler med egentlige målingsresultater fra klimaforhold med ligheder til de fremtidige danske. De æstetiske perspektiver har været inddraget løbende via både artikler, samtaler, inspirationsprojekter og et besøg på Louisianas udstilling i foråret om grøn arkitektur. Senere i processen udførtes også semi-strukturerede interviews med forskellige fagpersoner, der kunne udbyde tvivlspørgsmål mm.

Feltarbejde

Det har fra starten været et centralt element i vores metode at komme i kontakt med relevante aktører, eksperter såvel som beslutningstagere. Samtalerne med Marina Bergen Jensen, Gertrud Jørgensen og Dorthe Rømø var tiltænkt som en slags indledende dialoger med nogle ekspertpersoner fra uddannelses- og planmiljøet, som kunne give et aktuelt overblik over de forskellige faktorer i implementeringen af og holdningen til byforgrønning. Referaterne fra de mest centrale møder er vedlagt rapporten som bilag, men herunder introduceres de alle sammen kort:

Klimatilpasningsseminar: AAU Ballerup, 18-06-09

Som indledning til vores emne var det oplagt at deltage i dette seminar, som berørte klimascenarierne i korte oprids, samt en gennemgang af diverse problematikker forbundet med klimatilpasning af byggeprocessen, på bygningsniveau og på byniveau. Til dette formål var der samlet en række oplægsholdere med forskellige ekspertisefelter.

Marina Bergen Jensen: Afd. Parker og Urbane Landskaber, KU

Marina Bergen Jensen er seniorforsker i afdelingen for Parker og Urbane Landskaber og har en PhD indenfor jordbrugsvidenskab. Til dagligt beskæftiger hun sig med vand i byen og har i øjeblikket ansvaret for tre større forsknings projekter:

- 1) Dobbelt porøs filtrering, rensning af vejvand.
- 2) 2BG (Black, Blue and Green) – udvikling af værktøjer til planlægning og beslutninger omkring håndtering af regnvand i det urbane landskab.
- 3) 19K – fremme af innovation i den danske afløbsbranche via brainstorm, netværk og videndeling.

Gertrud Jørgensen: Center for skov, Landskab og planlægning, KU

Gertrud Jørgensen er forskningschef i afdelingen for By- og Landskabsstudier. Hun er arkitekt og ph.d. med speciale i byplanlægning. Hun dækker forskningsområderne: Landskabsforvaltning, Friluftsliv, Turisme og natursyn samt By- og Regionaludvikling. Ydermere er hun medforfatter på rapporten ”den grønne by – udfordringer og muligheder”, som er udviklet i forlængelse af miljøministerens målsætninger for byudvikling.

Dorthe Rømø: Center for Park og Natur, Københavns Kommune

Dorthe Rømø(cand. scient.) er projektleder i Københavns kommune, Center for Park og Na-

tur. Hun arbejder bl.a. med strategiske, politiske og planlægningsmæssige initiativer, der fremmer grønne tage i København. I juli 2009 modtog hun, på vegne af Københavns kommune, prisen IGRA Awards for det visionære arbejde med at promovere og skabe grønne tage i København.

I dag er Dorthe Rømø i gang med at arrangere nogle klimakampagner for erhvervsdrivende, private virksomheder osv., hvor fokus er, at firmaer og virksomheder skal føre en grøn politik via branding og økonomiske incitamenter.

Niels Bendt Johansen: Københavns Energi

Udviklingsleder for spildevand og regnvand hos Københavns E, Niels Bent Johansen, er uddannet civilingeniør og har efterfølgende taget en PhD i Miljø og ressourcer på DTU. I 20 år fra 1984-2004 var han ansat hos COWI, som ansvarlig for miljøsektoren. Her var han beskæftiget med forskellige udstationeringsjobs med hovedvægt på vandressourcer og vandkvalitet i bl.a. Østeuropa og Sydamerika. I øjeblikket er han ansvarlig for forskningen i og udviklingen af vandsystemer og kloakering, herunder tilpasning til klimaforandringerne i København.

Jesper Christensen: Nykilde Frø

Jesper Christensen er medejer af virksomheden Nykilde Frø, som producerer forskellige begrønningselementer til både by og land. De startede deres virksomhed for godt 15 år siden med salg af frø til bede mm. og har de sidste 10 år bl.a. kæmpet for at sælge grønne sedumtage til både private og offentlige i Danmark.

Louise Lundberg: Scandinavian Green Roof Association, Augustenborg

Louise Lundberg er en af de absolutte ildsjæle hos Scandinavian Green Roof Association i Malmø.

Hun har forskningslegeplads, hvor bl.a. forskellige plantesorter, drænmaterialer, taghældninger og udtryksmuligheder udforskes. Der måles på mængden af tilbageholdt vand og kvaliteten af det vand, der løber af tagene i forhold til de varierende

vejrforhold. Der eksperimenteres med forskellige etableringsmetoder – Præfabrikation, forskellige så- og planteteknikker – og hvordan de hver især udvikler sig over tid. Derudover arbejdes der også med vertikal beplantning på vægge og med muligheder for samspil imellem grønne tage og hhv. blå byrum og solenergi. Selve bydelen, Augustenborg, er samtidig et pilotprojekt for Lokal Afledning af Regnvand som bydelsstrategi.

2BG-seminar: Københavns E, 03-12-09

2BG står for Black, Blue and Green (integrated infrastructure planning as key to sustainable urban water systems), og er et tværfagligt forskningsprojekt mellem 8 PhD-studerende, som hver især bidrager til udviklingen, diskussionen og kvalificeringen af integreret strategi for landskabsbaseret regnvandshåndtering, SUDS (Sustainable urban drainage system). Projektet fungerer på et teoretisk plan, hvor Harrestrup Å, som danner Københavns kommunes grænse mod vest, bliver brugt som casestudie. Formålet er at udveksle viden, metoder og datasæt på tværs af faggrænserne og således belyse og afprøve muligheder og metoder til vandhåndtering i en dansk kontekst. Seminaret var en fremlæggelse af 2BG's foreløbige undersøgelser og resultater, samt forskellige aktuelle aktørers perspektiver på alternativ vandafledning, barrierer og potentialer.

Andet

Louisiana-udstilling: Fremtidens arkitektur er grøn! Norman Foster, Ken Yeang m.fl.

Benspænd for bæredygtige byer: Holger Bisgaard, Jacob Strømmand-Andersen

IDA klima-seminar: Future Climate Engineering Solutions

Jens Hvass: repræsentant for Miljøpunkt Indre By i Københavns kommune

"Studietur": På cykel rundt i København med fokus på særlige grønne initiativer

Antje Backhaus-forelæsning: introduktion af SUDS-teknologier

IGRA-seminar: Dorthe Rømø, Zinco, Danmarks Naturfredningsforening

Problematik

Klimascenarier

Afsnittet klimascenarier omhandler de vejræssige forandringer, der er sat i gang på Jorden i løbet af de sidste 100 år, de menneskeskabte faktorer i udviklingen og de fremtidige effekter heraf. Formålet med afsnittet er at belyse, hvilke klimamæssige konsekvenser vi går i møde i Danmark, for derved at anskueliggøre udgangspunktet for det overordnede emne i projektet: klimatilpasning af danske byer.

De kilder, vi overvejende har taget udgangspunkt i, er IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), en organisation som blev etableret i 1988 i samarbejde mellem UNEP (United Nations Environmental Programme), og WMO (World Meteorological Organization). Formålet med organisationen var og er at videnskabeligt undersøge, dokumentere og formidle den aktuelle tilstand af verdens klima, samt de potentielle miljømæssige og socio-økonomiske konsekvenser i fremtiden. IPCC har løbende publiceret rapporter om klimaet siden 1990 med den første rapport, IPCC first Assessment Report, som adresserede problematikken omkring udledning af drivhusgasser og effekterne

på atmosfæren. Den seneste rapport blev publiceret i 2007 med andet oplag af "Impacts, Adaptation and Vulnerability". Hvor det første oplag dokumenterer starten på klimaforandringerne, og at de er menneskeskabte, illustrerer det andet oplag den globale opvarmnings begyndelse og de potentielle tilpasningsmuligheder for at reducere de forudsete konsekvenser.

IPCC's rapporter har haft stor indflydelse på den politiske verdensscene siden 1990 og har spillet en stor rolle for implementering af miljømæssige retningslinjer og bæredygtige klimatiltag – bl.a. med Kyoto aftalen fra 1997. Verden over er der mange ledende videnskabsfolk, hovedsageligt klimaeksperter, der frivilligt bidrager til IPCC's arbejde. Derfor er en af IPCC's fundamentale processer også inspektion og evaluering af de mange undersøgelser, for at kunne garantere et objektive, fagligt og velbegrunderet materiale, der bygger på troværdig dokumentation.

I afsnittet om klimaforandringer i Danmark har vi desuden benyttet os af data og artikler fra DMI,

Danmarks Meteorologiske Institut, som må anses for at være den mest oplagte danske kilde inden for dette område. Til sidst stammer enkelte dele fra et klimaseminar på AUU Ballerup i 2009, hvor bl.a. Jens Hesselberg Christensen fra Danmarks Klimacenter, også under DMI, var oplægsholder. Mange af de artikler, der i øvrigt eksisterer om klimaforandring, er dybest set baseret på IPCC's arbejde og rapporter. Derfor er det fordelagtigt at tage udgangspunkt i det kildemateriale andre videnskabsfolk holder sig til.

Spørgsmålet om, hvorvidt der forekommer klimaforandringer, hvilke konsekvenser de har, og om de er skabt af mennesket, er blevet debatteret bredt i de offentlige medier i Danmark. Ofte baseres debatten på enkeltstående videnskabsfolk, der afkræfter eller modsiger klimaforandringernes komme for at gøre debatten mere "nuanceret". Men grundlæggende er der ingen enkeltstående undersøgelser, der kan forudsige præcis, hvad fremtidens vejr bringer. Derfor er det mere rationelt at tage udgangspunkt i det samlede billede, som forskningsresultaterne danner, frem for enkelte forskeres bidrag. Tvivlsspørgsmålet

er således ikke blevet videre bearbejdet i projektet, da der i den videnskabelige verden er bred enighed om, at klimaforandringerne er et faktum og ikke en risiko, hvorimod størrelsen og de samlede effekter af dem er mere uvisse, bl.a. fordi de afhænger af vores måde at bruge den tilgængelige viden i de kommende år (Katherine Richardson).

Bymæssige konsekvenser

I forlængelse af gennemgangen af de klimatiske ændringer analyseres i dette afsnit, hvilke konsekvenser disse ændringer kan få for vores byer, således at vi kan afdække, hvor behovet for urban klimatilpasning bliver størst, samt hvor stort det bliver.

Dette har vi vurderet ud fra en række interviews med Gertrud Jørgensen fra KU LIFE, Niels Bendt Johansen fra Københavns E samt flere oplægsholdere fra klimatilpasningsseminaret på AAU Ballerup med forskellige ekspertiseelter. Afsnittet er ligeledes underbygget af videnskabelige artikler, hvor den engelske regerings rapport, *Adaptation strategies for climatechange in the urban environment* (ASCCUE, 2006), er en af nøglekilderne.

Klimatilpasning

Afsnittet dækker de tekniske og strategiske muligheder for tilpasning til de nye og kommende miljømæssige betingelser, samt hvilke fordele og ulemper de forskellige tiltag har. Her benyttes især de erfaringer, man har fra ASCCUE, 2006 – Adaptation strategies for climatechange in the urban environment, og 2BG-rapporten om Harrestrup å, som case, 2009.

Det byggede miljø

Et fokus på de mere komplekse problemstillinger, som mange byer står overfor især med de kommende regnintensiteter. Her analyseres bl.a. det eksisterende kloaksystem i København, samt hvilke muligheder der arbejdes med på stående fod i forhold til oversvømmelser. Der trækkes hovedsageligt på interviewet med Niels Bent Johansen fra Købehavns E og 2BG-seminaret om Købehavns muligheder for lokal nedsivning af regnvand (LAR).

Termisk komfort

Dette afsnit afdækker følgerne af temperaturstigningerne og mulighederne for tilpasningen derefter. Her trækkes igen hovedsageligt på ASCCUE, 2006 – Adaptation strategies for climatechange in the urban environment.

Byforgrønnelse

Kapitlet om byforgrønnelse, som er opgavens kerneområde, er en gennemgang af de eksisterende grønne teknologier og deres indbyrdes egenskaber, samt hvilke produkter der er under udvikling. Hensigten er således at give læseren et overblik over hvilke grønne teknologier der i praksis kan benyttes fordelagtigt i en bymæssig kontekst, og ligeledes hvilke praktiske og planmæssige barrierer, der er forbundet med implementeringen af disse.

Kapitlet er underbygget af empiri fra en lang række videnskabelige og faglige artikler, rapporter, bøger, ekspertinterviews og aktuelle seminarer samt publikationer fra producenter, kommuner og andre interessenter med relaterede skrifter. Ligeledes har vi inddraget egne relevante initiativer som udflugter til begrønnede byområder og plantager med grønne teknologier, samt besøg på aktuelle udstillinger og museer.

Byforgrønnelseskapitlet er opdelt i to afsnit, hvor den første del med afsnittene Grønne tage, Vertikal begrønning og Supplerende alternativer, er skrevet for at skabe konkret viden om de grønne teknologier og deres indbyrdes karaktertræk. Denne del af kapitlet er hovedsageligt understøttet af de viden-

skabelige kilder og interviews med praktiske erfaringer og observationer, hvori faktuelle målinger er blevet analyseret, for således at underbygge eller afvise de forskellige kilders resultater og hypoteser. Ud fra de forskellige målinger og praktiske erfaringer overvejes betydningen i dansk sammenhæng og i forhold til det fremtidige danske klima. Best practice på området afdækkes.

Af nævneværdige kilder for dette afsnit er:

Interviews med Jesper Christensen fra Nykilde Frø og Louise Lundberg fra Augustenborg, foredrag med Antje Bakhaus fra KU.LIFE, artikel af og korrespondance med Lars Kronborg Bak, samt følgende tre videnskabelige rapporter refereret som referenceprojekter i bilagene: Stormwater monitoring two ecoroofs in Portland (Doug Hutchinson et al, 2005), Performance evaluation of an extensive green roof (Liu, K. og Minor, J, 2005), York university rooftop garden stormwater quantity and quality performance monitoring report (Glenn MacMillan, 2004).

Den anden del af kapitlet, Implementering, har til formål at skabe perspektiv over de eksisterende kompleksiteter ved implementeringen af grønne

elementer i byen på et lavpraktisk såvel som på et planmæssigt, strategisk niveau.

I dette afsnit har vi inddraget flest mulige aktuelle aktører: fra de helt lavpraktiske erfaringer hos privatfolk og producenter, over de mere videnskabelige hos forskerne til de offentlige overvejelser på kommunale institutioner.

På den måde søges det at skabe et gyldigt indblik for at kunne problematisere de største barrierer i det danske plansystem - i den eksisterende lovgivning såvel som ved den gængse rollefordeling og de kendte fremgangsmåder. Derved anskueliggøres de nødvendige fokuspunkter for udarbejdelsen af en holdbar forgrønnings-strategi

De vigtigste kilder til dette afsnit er:

Interviews og samtaler med Marina Bergen Jensen og Gertrud Jørgensen fra KU.LIFE, Dorthe Rømhøj fra Københavns kommune, Niels Bent Johansen fra Københavns Energi, 2BG-Seminaret på Københavns E i december 2009, samt følgende vigtige skriftlige kilder: Hoffmann et al.: Municipalities as promoters of energy efficient buildings, 2005, og Den grønne by - udfordringer og muligheder (Rosenbak og Jørgensen, 2009).

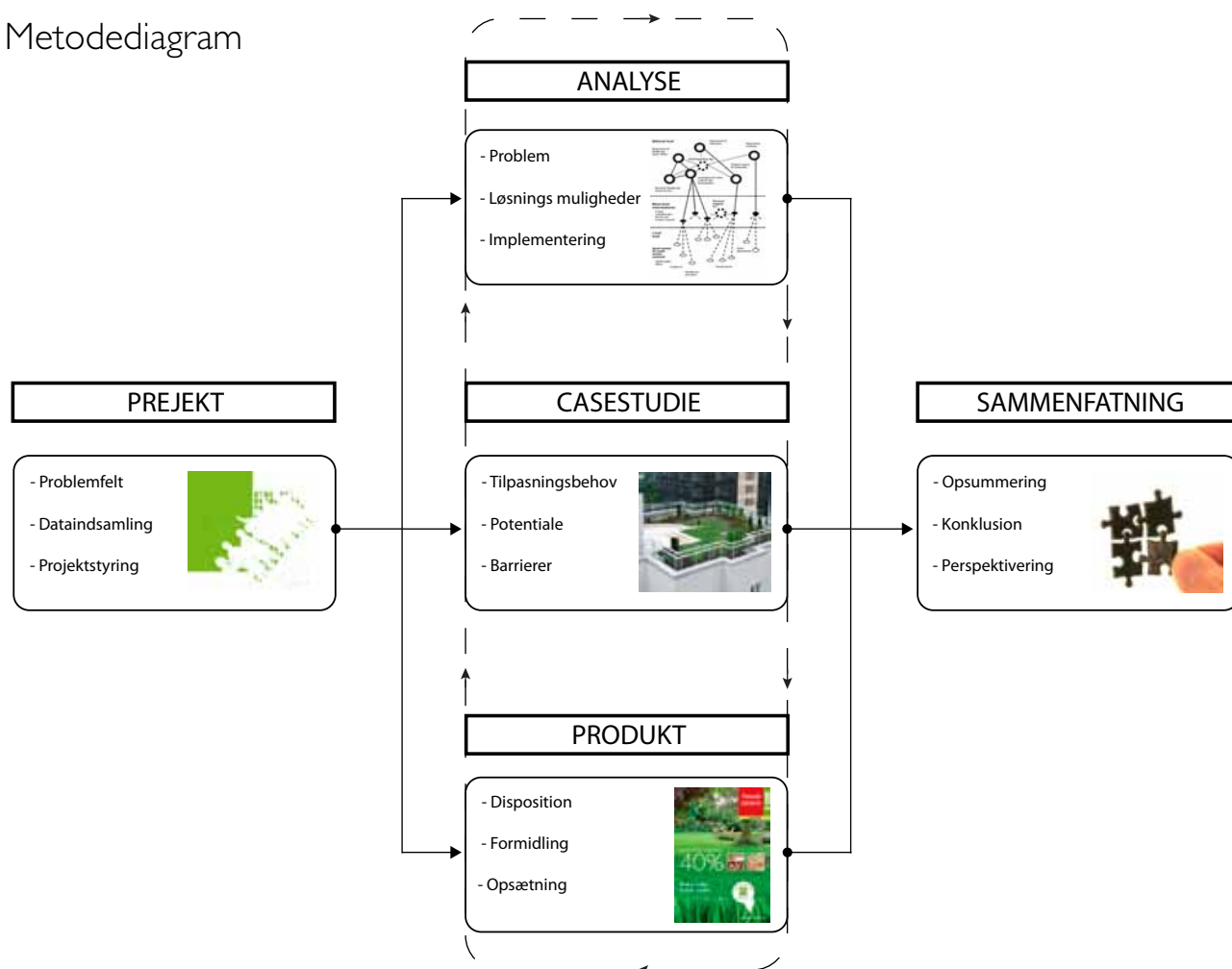
PROCES

Når man arbejder løsningsorienteret og ud fra et case studie er det uhensigtsmæssigt at lade proces og disposition følges kronologisk: Man kan ikke gøre sin analyse færdig uden at kende resultaterne fra casen og vide nogenlunde, hvilken type produkt, det skal lede til, men man kan samtidig ikke tilrettelægge en meningsfyldt case og et brugbart produkt, uden at være kommet et godt stykke med analysen. Disse tre centrale elementer af projektet er altså

indbyrdes afhængige og må udføres sideløbende i en iterativ proces, hvor de løbende virker tilbage på hinanden. Men denne rækkefølge vil blive uoverskuelig for læseren, så derfor bringes de her i tre adskilte afsnit.

Dog skulle det gerne fremgå af indholdet, at de er afledt af hinanden. Nedenstående diagram viser i grove træk vores processuelle tilgang til projektet:

Metodediagram



Figur 1.3: Diagrammet viser vores metodiske tilgang til projektet. Egen illustration