Kartlegging av urban grønnstruktur med satellittdata

Kine Halvorsen Thorén, Øivind Due Trier, Einar Lieng og Renata Aradi

Vitenskapelig bedømt (refereed) artikkel

Kine Halvorsen Thorén & al.: Mapping of green structures in urban areas using satellite data.

KART OG PLAN, Vol 70, pp. 238–253. P.O.B 5003, NO-1432 Ås, ISSN 0047-3278

The article presents some of the results from the project «Development of a service for monitoring the urban green land cover «. The aim of the project was to investigate whether one can develop and operationalize a methodology to classify the urban green land cover based on automatic classification of satellite data combined with other available data sources. Satellite data from SPOT and Quickbird were used to categorize the urban green land cover in the Oslo region and also to map changes of the green land cover over time. Central to the project was to examine the extent to which such approaches can maintain a relevant and effective system for monitoring and planning of the urban green structure, and how classification categories should be modified or adapted in relation to technology. Experience so far has shown that satellite imagery is a relevant source of information for the monitoring and classification of the urban green land cover. Nevertheless, methods need to be developed to make land cover classification and analysis of changes more exact.

Key words: urban green land cover, green structure, satellite data, QuickBird, SPOT, classification

Kine Halvorsen Thorén, Professor, Dr.scient. and Renata Aradi, PhD. Student, Norwegian University of Life Sciences Department of Landscape Architecture and Spatial Planning, *kine.thoren@umb.no*
Øivind Due Trier, senior research scientist, dr. scient, Norwegian Computing Center, *oivind.due.trier@nr.no*.
Einar Lieng, Asplan Viak AS, Arendal, Norway. Email: *einar.lieng@asplanviak.no*.

Innledning

Utgangspunktet

I denne artikkelen presenterer vi noen av resultatene fra prosjektet «Utvikling av en tjeneste for overvåking av urban grønnstruktur». Målet med prosjektet som helhet har vært å utvikle og operasjonalisere metodikk for å identifisere grønnstrukturkategorier i urbane områder basert på automatisk klassifikasjon av satellittdata kombinert med andre tilgjengelige data. Sentralt i prosjektet har vært å undersøke i hvilken grad slike tilnærminger kan ivareta et relevant og effektivt opplegg for overvåking og planlegging av den urbane grønnstrukturen, og hvordan klassifiseringsenhetene eventuelt må endres eller tilpasses i forhold til teknologien. I denne artikkelen har vi lagt særlig vekt på å presentere hvilke klassifiseringsmuligheter vi er kommet fram til så langt, og hvordan våre kategorier er relevante i forhold til tidligere norsk opplegg og internasjonal litteratur på feltet. Avslutningsvis drøfter vi mulige forbedringer av klassifiseringsopplegget.

Allerede på 1990-tallet ble det i forbindelse med Forskningsrådsprosjektet «Grønnstrukturens vilkår i kommunal arealplanlegging», utviklet et klassifikasjonsopplegg for kartlegging av urban grønnstruktur basert på manuell innhenting av dataene fra ortofoto (Nyhuus & Thorén 1996). Vi erkjente allerede da at et slikt klassifikasjonsopplegg ikke kunne basere seg på plantesosiologiske metoder for vegetasjonskartlegging, som er vanlig brukt i rurale og ikke-bebygde områder. Til det avviker bynaturen for mye på grunn av menneskelig påvirkning. Vi valgte derfor et opplegg der vi tok utgangspunkt i vegetasjonsstrukturen, dvs. den romlige fordelingen i bylandskapet, både horisontal fordeling og vertikal sjikting[1]. I tillegg skilte vi ut to hovedklasser; naturlig vegetasjon (i den grad dette finnes i by) og menneskeskapt vegetasjon. Tilnærmingen kan sies å springe ut fra en bymorfologisk tenking om vegetasjonsfordelingen, d.v.s. at det er vegetasjonens tredimensjonale, romlige struktur som står i sentrum. Tanken var at kartleggingen ikke skulle være for omfattende og kompli-

sert, men likevel gi tilstrekkelig informasjon til å vurdere grønnstrukturens ulike verdier og funksjoner (se under), m.a.o. et slags minste felles multiplum av kunnskap. Kartleggingen skulle også kunne brukes i forbindelse med overvåking og som grunnlag for indikatorer (Thorén 2000).

Dette opplegget ble videreutviklet og testet i det såkalte Miljøbyprosjektet som Miljøverndepartementet hadde ansvaret for fra 1993–2000 (DN 2003; Thorén & Nyhuus 1994). En evaluering av grønnstrukturarbeidet i miljøbyene viste at kommunene fant metoden tidkrevende og at de heller ikke fullt ut forsto hva dataene kunne brukes til (Thorén 1999).

Kartleggingsopplegget ble også testet i 1997 for å se om en kunne få fram de samme klassene ved hjelp av satellittdata og automatisk klassifisering (Fredriksen et al. 1997). For mange overlappende spektralsignaturer vanskeliggjorde kartleggingen den gangen. Det var også vanskelig å identifisere de kategoriene vi var ute etter basert på vegetasjonsstruktur. Evalueringen viste imidlertid at den manuelle metoden basert på ortofoto ga få feilklassifiseringer. Det var for eksempel fullt mulig å skille ut både naturlige – og kultiverte grønne områder, samt den romlige fordelingen og sjiktningen.

Satellitteknologien er videreutviklet siden 1997, og er i Norge testet bl.a. i det såkalte Østfoldprosjektet som til en viss grad også omfatter urbane områder (Vikhamar 2004). Disse erfaringene gjorde at det var relevant å gjøre et nytt forsøk.

Det nye prosjektet ble initiert av Oslo og Omland Friluftsråd og igangsatt våren 2007. Prosjektet er utviklet gjennom to hovedfaser, den første fra våren 2007 til våren 2008. Den andre fortsatte fra våren 2008 til våren 2010. Testområdet var Stor-Oslo, dvs. hele byggebeltet tilknyttet Oslo i henhold til definisjonen til Statistisk Sentralbyrå. For å få mer praktisk erfaring med om arealklassene var egnet for formålet, utarbeidet vi dessuten noen konkrete planrelaterte eksempler. Slike eksempler er dessuten viktige for å vise hva denne typen data kan brukes til, noe som påpekt foran ble underkommunisert i Miljøbyprosjektet (Thorén 1999). For å teste brukbarheten av de nye areaklassene anbefalte Oslo og Omland Friluftsråd å benytte Lørenskog kommune fordi denne kommunen var i oppstarten av et grønnplanarbeid høsten 2009 da uttestingen ble påbegynt. Planen var også å studere en bydel i Oslo, men dette ble det ikke tid til innenfor tidsrammene.

Prosjektet er et samarbeidsopplegg mellom Institutt for landskapsplanlegging ved UMB, Geodatasenteret AS i Arendal (Nå Asplan Viak AS) og Norsk Regnesentral. Norsk Romsenter, Miljøverndepartementet, Akershus Fylkeskommune, Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Oslo kommune og Bærum kommune har bidratt til finansieringen.

Det foreligger tre rapporter og en artikkel fra fase 2, hvorav to av rapportene og artikkelen retter søkelyset mot satellitteknologien. (Trier 2009; Trier & Lieng 2010; Trier 2010). Den tredje rapporten presenterer ulike bruksområder for klassifiseringene som vi har kommet fram til knyttet til noen enkle planproblemstillinger (Thorén & Aradi in prep 2010).

Urban grønnstruktur- definisjoner og betydning

Den urbane grønnstrukturen, dvs. alle grønne og vegetasjonskledde områder inkludert vann, er under sterkt utbyggingspress. Årsaken er både befolkningsvekst i mange byområder og ikke minst den nasjonale politikken der målet er å fortette innenfor eksisterende tettstedsgrenser. For de blå og grønne områdene[2] inne i byene er politikken konfliktfylt fordi fortettingen ofte medfører nedbygging, fragmentering og reduksjon av arealer. Dette skjer til tross for at det foreligger en omfattende kunnskap nå om betydningen av slike områder i tettere byer (Werquin et al. 2005). Vi snakker i dag gjerne om grønnstrukturens flerfunksjonelle betydning. Den er vesentlig sosialt og helsemessig, den er grunnlaget for biologisk mangfold i by og den kan også innpasses planmessig for å håndtere

1. Kartleggingsenhetene er som følger: Naturserien (N): 1N er områder med mer enn 40 % tredekning, 2N er områder med jevnt fordelt busk- eller tredekning, men mindre enn 40 % tredekning, 3N er halvåpen mark, 4N Åpne arealer der marksjiktet dominerer, 5N Vann og bekker. Kulturserien (K): 1K er områder med mer enn 40 % tredekning, 2K er områder med jevnt fordelt busk- eller tredekning, men mindre enn 40 % tredekning, 3K er halvåpen mark, 4K Åpne arealer, 5K Grått areal. (DN 2003)
2. Med blå og grønne områder, eller den blågrønne struktur, mener vi vann og vegetasjon i alle former.

økte vannmengder og hindre erosjon i forbindelse med klimaendringer. Den er dessuten viktig for å ivareta godt lokalklima og luftkvalitet, samt for å dempe støy.

For å kunne klassifisere grønnstrukturen som grunnlag for å analysere og prioritere de ulike verdiene og funksjonene nevnt over, er det viktig å ha klart for seg hvilke arealer som inngår. I prinsippet dreier det seg om alle grønne og vegetasjonskledde områder inkludert vann av ulike slag, helt uavhengig av eiendomsgrenser. Dette understrekes også i andre studier av kartleggingsmetodikk for urban grønnstruktur (se for eksempel Löfvenhaft et al. (2002)). Bakgrunnen for dette er at verken biologiske verdier knyttet til plante- og dyreliv, vannsystemene, lokalklima, luftkvalitet eller landskapsestetikk kan knyttes til offentlig eide/regulerte grønne arealkategorier alene. I norske byer og tettsteder er det snarere slik at mesteparten av den urbane grønnstrukturen befinner seg på privat grunn i hager i småhusbebyggelsen og i fellesarealer der bebyggelsesformene er tettere. En studie av Horten, på 1990-tallet viste for eksempel at ca. 60 % av arealene innenfor tettstedsgrensen der var å finne på privat grunn (Dyring & Nyhuus 1990). Tilsvarende er rapportert fra andre byer med lignende utbyggingsmønster. (Se for eksempel Mathieu (2007), Pauleit et al. (2005) mfl.)

Fordi byene fortsatt kommer til å fortettes, og fordi også grønne områder i fremtiden vil måtte vike for bebyggelse, er det viktigere enn noensinne å få bedre kunnskap om grønnstrukturens ulike verdier og funksjoner. Dette er et helt nødvendig grunnlag for prioriteringer av hvilke områder som bør bevares, hvilke som kan bebygges og hvilke som må underlegges spesielle restriksjoner i forbindelse med utbygging. For å kunne gjennomføre slike prioriteringer behøver vi bedre kunnskap om det grønne selv. Hvilke arealer snakker vi om, og hvilket grønt eventuelt blått innhold har disse arealene? Dette krever en bedre og mer effektiv kartleggingsmetodikk enn den vi har pr. i dag.

Metodikk for kartleggingen

Som nevnt i innledningen har uttestingen foregått i ulike faser. Klassifiseringen i fase 1 ble gjennomført både med bildedata fra den franske SPOT-satellitten fra 1994 og 2006 og med mer høgoppløselige data fra QuickBird. SPOT-data er egnet for målestokker rundt 1:20 000 og QuickBird rundt 1:2000. Den detaljerte kartleggingen ble videreført i fase 2. Formålet var å identifisere brukbare arealklasser i forhold til overvåking og planlegging av urban grønnstruktur, som det dessuten lot seg gjøre å identifisere automatisk fra satellittdata. Det var derfor et poeng å få fram gode data for arealendringer og for dagens grønne arealdekke.

Endringsstudiene

Endringsstudiene ble gjennomført for hele byggebeltet i Stor-Oslo. Målet var å utarbeide og teste et klassifikasjonsopplegg knyttet til kartmålestokker rundt 1: 20 000 særlig egnet for overvåking. For testområdet ble det innkjøpt heldekkende sett med SPOT-data fra mai, juli og september 1994 og mai og september 2006 samt ASTER-data fra juni og juli 2006. Vi har dessuten innhentet FKB data (bygg- og vegsituasjon) og N50 arealdata. Datasett som er etablert er følgende: 1) endringsdata 1994–2006 vist som kart (se figur 1) og arealstatistikk.

Det viste seg at SPOT2 og 3 dataene fra 1994 med 20 meters oppløsning var kvalitetsmessig betydelig dårligere enn SPOT4 dataene fra 2006. Det lot seg derfor ikke gjøre å identifisere endringer basert på samme arealklassifiseringsmetodikk fra disse to årstallene. Endringsdataene måtte derfor fremskaffes ved hjelp av en alternativ tilnærming basert på subtraksjon av NDVI verdier[3] på data fra ulike datoer på pikselnivå etter en metode som blant annet er benyttet av Skogstyrelsen i Sverige til kartlegging av hogstflater i skog. Verdiene en får vil da være positive eller negative avhengig om vegetasjon er fjernet eller tilgrodd/beplantet.

Studier av dagens grønne arealdekke basert på SPOT-data

I produksjon av arealdekkekart for Stor-Oslo er datautforskningsteknikkene beslutnings- og regresjonstrær valgt som klassifikasjonsmetodikk etter en metode utarbeidet ved Labo-

3. NDVI-verdi er en indeks for vegetasjonsinnhold (biomasse) og tilstand.

ratory for Global Remote Sensing Studies (University of Maryland, USA). (Hansen et al. 2000; Vikhamar 2004). Klassifikasjonen baserer seg på en multitemporal analyse med opptil tre satellittbilder (vår, sommer og høst). Andre datalag slik som vegetasjonsindekser og ulike rastere avledet fra terrengmodeller er brukt direkte i klassifikasjonen. Ved å benytte flater fra bygninger og veier i FKB-data som treningsdata var det mulig å lage et kart som viser prosentvis andel av veg og bebyggelse i forhold til vegetasjon. Treningsflater for graskledde områder, lauvskog og barskog ble hentet inn fra flybilder og benyttet til å klassifisere SPOT4 dataene med 10 meter oppløsning.

Automatisk klassifisering av QuickBirddataene

Data fra SPOT-satellitten ga oss interessant informasjon på overordnet nivå, men lite detaljert kunnskap om grønnstrukturen i kategori B, Områder med bebyggelse. Se tabell 1. I disse områdene identifiserte vi kun prosentvis fordeling av nedbygd areal. Vi kan heller ikke være sikre på om den andelen som ikke er nedbygd inneholder blå-grønne elementer. Naturlig nok innebærer det at en stor andel av byggesonen er kategorisert på den relativt overordnete måten. Se figur 2. For planformål er det behov for mer detaljert informasjon som er digitaliserbar og georeferert. I 2007 i fase 1 påbegynte vi derfor også kartlegging ved hjelp av et høgoppløselig datasett fra QuickBird-satellitten som har langt mindre pikselstørrelse (0,6 x 0,6 meter) enn SPOT (10–20-meters piksler) som ble brukt for Stor-Oslo. Værforholdene sommeren 2007 bidro til at vi bare fikk satellittdata fra et lite område i forhold til det vi planla, noe som påvirket framdriften. Den detaljerte uttestingen fortsatte derfor året etter (fase 2) med nye og mer egnede satellittdata fra 6. juni 2008 som dekket en stor del av kommunene Oslo, Lørenskog og Oppegård. (Trier 2009)

Objekter på 5–10 m^2 kan identifiseres i QuickBird-bildene (eksempelvis en bil), men når vi kartlegger arealdekket er om lag 100 m^2 et minsteareal. I fase 1 ble data fra en begrenset del av byggesonen i Oslo kommune analysert. Klassifikasjonen av QuickBird-data er ikke basert på vegetasjonstypeklasser / komplekse kategorier, men på enkeltelementer (trær, gress etc.).

Definiens Developer (Definiens AG 2007) ble brukt til å segmentere Quickbirdbildet. Segmenteringen ble gjort med en iterativ metode basert på fargeverdier og parametre som beskriver segmentenes fasong. Deretter ble segmentene klassifisert, basert på brukerdefinerte regler. Disse reglene ble laget ved å trene på utsnitt av bildet, og benytter egenskaper ved segmentene som tekstur, naboskap og farge.

Sammenkobling av SPOT-data og QuickBirddata

For å komme fram til nye arealkategorier basert på sammenkobling av SPOT-data og QuickBird-data, identifiserte vi først sammenfallende områdetyper innenfor de helt grønne arealkategoriene fra begge datasett. Vi valgte videre å koble alle kategorier fra QuickBird-dataene med de fire bebygde kategoriene fra SPOT-dataene.

Resultater

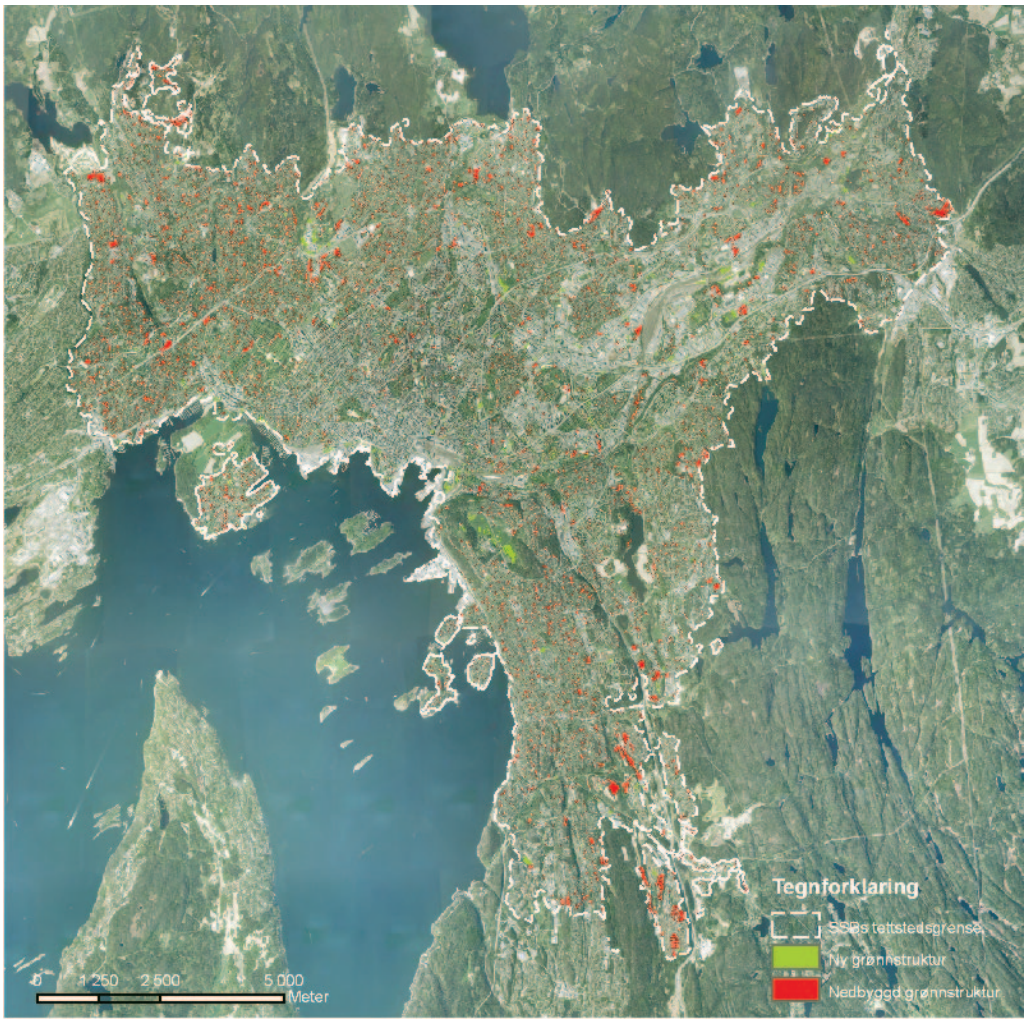
Klassifisering av endringer

Informasjonen fra denne klassifiseringen viser endringer fra grønt til grått og fra grått til grønt. Se figur 1. Metoden fanger effektivt opp større endringer, men mindre endringer (under ca. 500 m^2) er usikre. Dette er en meget enkel metode som kan benyttes selv med data fra ulike sensorer.

Studier av dagens grønne arealdekke basert på SPOT-data

Ved hjelp av SPOT-data oppnådde vi et klassifiseringsopplegg inndelt i to hovedgrupper, henholdsvis ubebygde og bebygde områder. Se tabell 1 og figur 2. De ubebygde arealene inneholder ulike former blå-grønne elementer som vann, myr, graskledde områder, dyrket mark og ulike former for skogkledde arealer. De bebygde arealklassene er inndelt etter prosentvis andel av veg og bebyggelse.

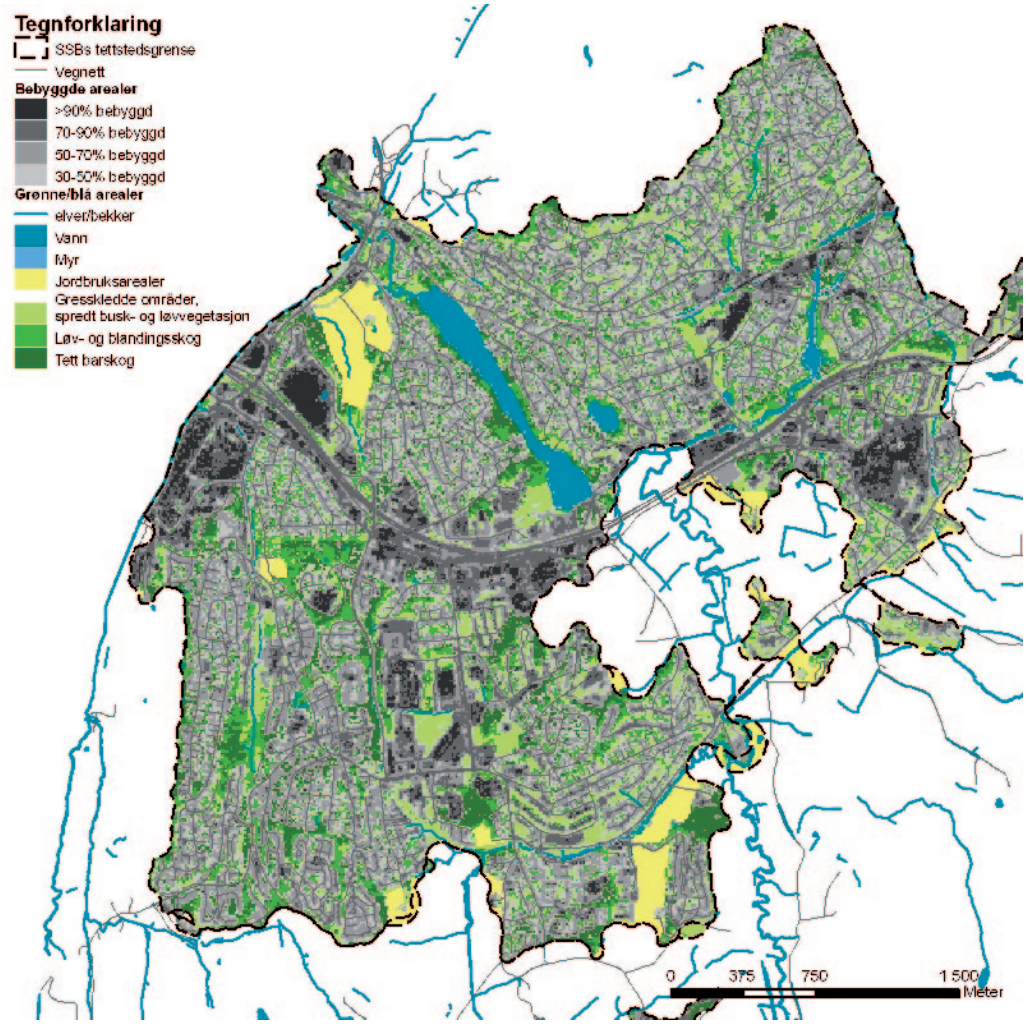
Minste arealenhet som fremkommer er på 10 x 10 meter, hvilket innebærer at kartleggingen gir en relativt detaljert oversikt over ubebygde grønne områder uavhengig av eiendomsforhold.



Figur 1 Endringer av den urbane grønnstrukturen basert på data fra Oslo kommune

Tabell 1 Arealkategorier identifisret fra SPOTdata

A. Åpne ubebygde arealer		**B. Bebygde arealer inkludert områder med asfalt og lignende**	
1	Vann	7	30–50 % grå areal, områder med åpen villabebyggelse og kantvegetasjon langs vei og park
2	Myr	8	50–70 % grå areal, bygninger, grus og asfalt med noe vegetasjon
3	Graskledde områder/ områder med lav buskvegetasjon og lignende	9	70–90 % grå areal, hovedsakelig utbygd men noe vegetasjon.
4	Jordbruksareal (fulldyrka)	10	> 90 % grå areal tett bymessig bebyggelse
5	Lauv- og blandingsskog		
6	Tett barskog		



Figur 2 Data fra SPOT-satellitten 2006. Lørenskog kommune. Tettstedsområdet

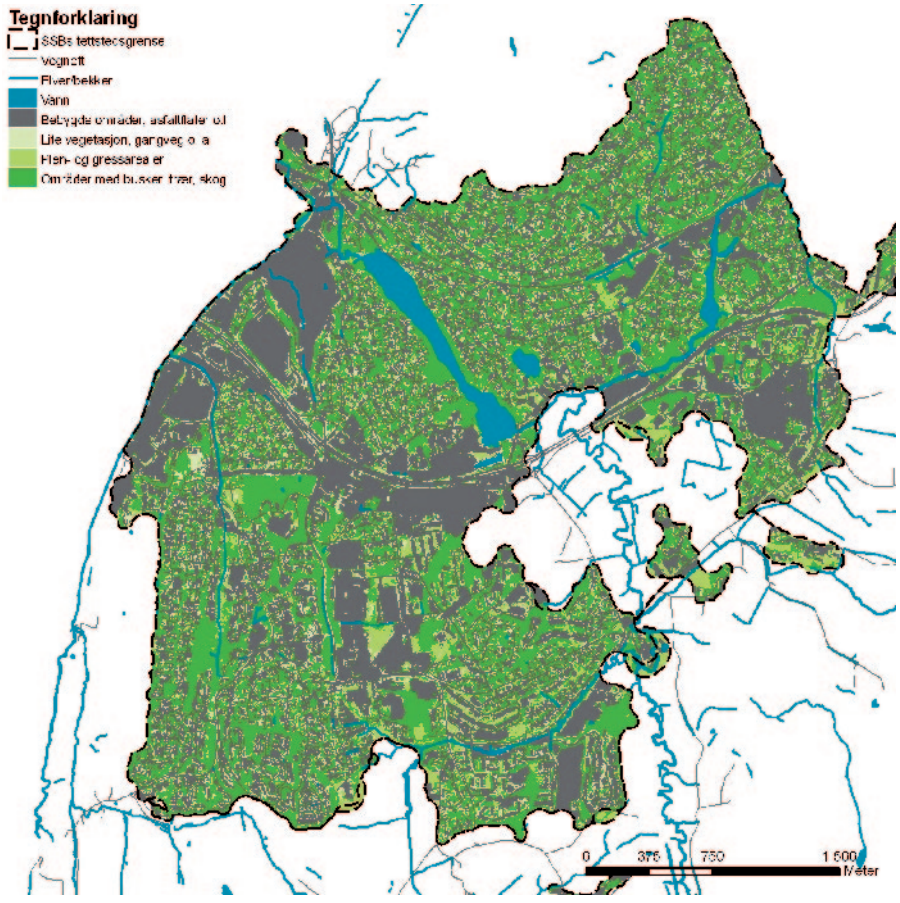
Automatisk klassifisering av QuickBirddataene

Et eksempel fra den innledende detaljerte testingen i Oslo fremgår av figur 3. Området ligger hovedsakelig i kategorien > 90 % grått areal fra SPOT-dataene. Figuren viser i tråd med de målene vi hadde, konkret lokalisering av de grønne elementene fordelt på kategoriene gress, trær og en kategori som ble kalt manglende vegetasjon, (men ikke grått areal).

Det ferdig klassifiserte bildet har fem klasser (Trier 2009; Trier & Lieng 2010):

1. Lite vegetasjon: Stier, slitte gressområder.
2. Gress: Åpne gressområder og plener.
3. Trær: Busker, trær og skog. Dessuten vil deler av private hager gjerne havne i denne klassen.
4. Grå arealer: Områder uten vegetasjon, dekket av bygninger, veier, parkeringsplasser og annet.
5. Annet: Samleklasse for vann, ikke klassifiserte områder, samt manglende data.

Figur 3 Data fra QuickBirdsatellitten 2007 Oslo viser arealklassene og problemene knyttet til skygger



Figur 4 Data fra QuickBirdsatellitten 2008. Tettstedsområdene i Lørenskog kommune

Kombinasjon av Spot- og QuickBird-dataene

For å komme fram til nye arealkategorier basert på sammenkobling av SPOT-data og QuickBird-data, identifiserte vi først sammenfallende områdetyper innenfor de helt grønne arealkategoriene fra begge datasett. Dette resulterte i syv kategorier: Vann, myr, graskledde åpne områder med spredt trevegetasjon, fulldyrka jordbruksarealer, lauv- og blandingsskog, tett barskog. Vi valgte videre å koble alle kategorier fra QuickBird-dataene med de fire bebygde kategoriene fra SPOT-dataene. Se tabell 2. Figur 5 viser et eksempel på kartmessig framstilling basert på data fra Lørenskog.

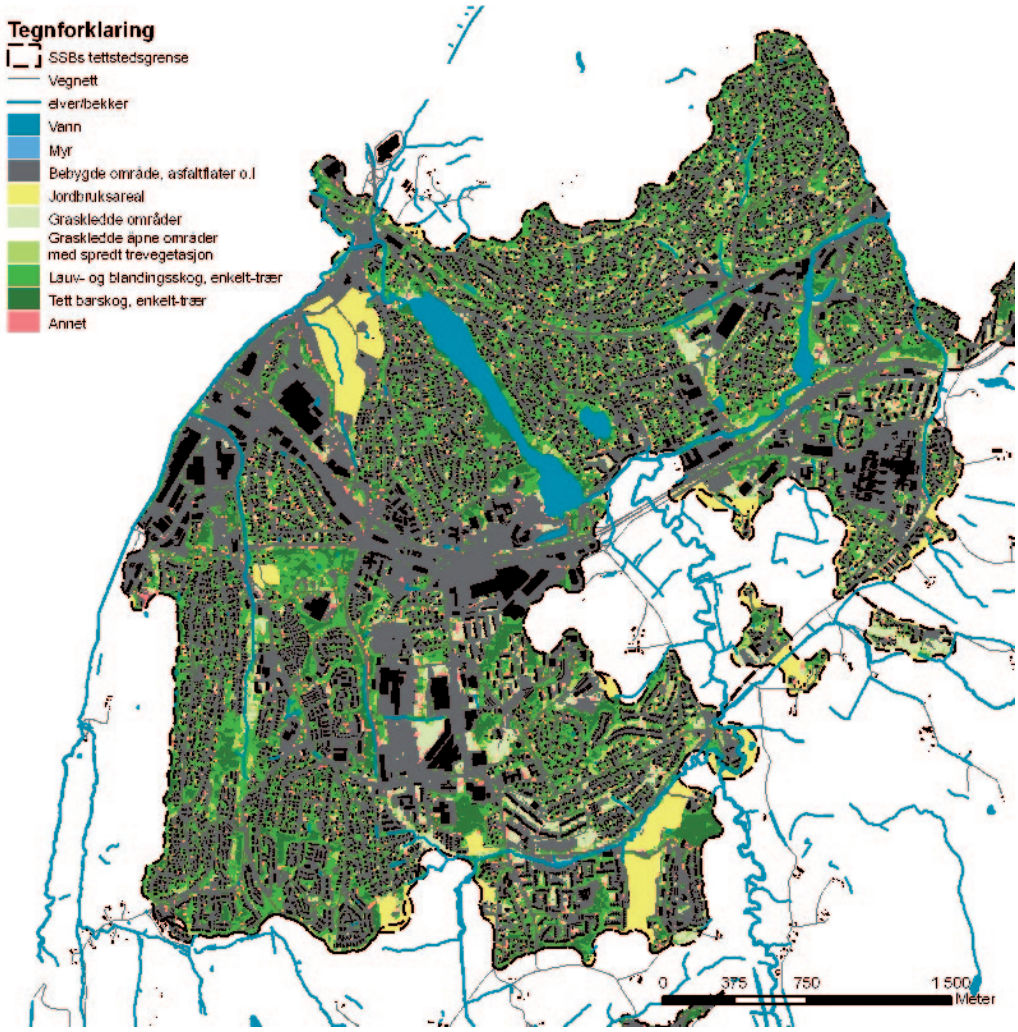
Tabell 2 Prinsipper for å koble de grønne og ubebygde kategoriene fra SPOT- og QuickBirddata

A. Åpne ubebygde arealer Spotdata	**grønne kategorier fra QuickBird**	**Nye kategorier.**
Vann	Vann	Vann
Myr		Myr
Graskledde områder/ områder med lav buskvegetasjon og lignende	Gras	Graskledde områder/ områder med lav buskvegetasjon
Jordbruksareal (fulldyrka)		Jordbruksareal (fulldyrka)
Lauv- og blandingsskog	Områder med busk- og trevegetasjon	Lauv- og blandingsskog
Tett barskog	Områder med busk- og trevegetasjon	Tett barskog
B. Bebygde arealer inkludert områder med asfalt og lignende	**Kategorier fra QuickBird**	**Nye kategorier.**
Bebygde arealer, 30–100 % bebygd	Grå arealer	Bebygde områder, asfaltflater og lignende
	Vann	Vann
	Lite vegetasjon, slitte områder, stier	Lite vegetasjon, slitte områder
	Gras	Gras
	Områder med busk- og trevegetasjon i bebyggelsen	Områder med busk- og trevegetasjon i bebyggelsen

Arealklasser som fremkom etter denne sammenkoblingen av data er: 1) Bebygde områder, asfaltflater og lignende, 2) Vann, 3) Myr, 4) Lite vegetasjon, slitte områder, 5) Jordbruksareal (fulldyrka), 6) Graskledde områder/ områder med lav buskvegetasjon, 7) Områder med busk- og trevegetasjon i bebyggelsen, 8) Lauv- og blandingsskog, 9) Tett barskog

Diskusjon. Arealklassifisering og brukbarhet. Behov for videreutvikling i bruk av satellitt- teknologien

I følge Trier (2010) er det ikke én enkelt teknikk som fremstår som beste løsningen hverken når det gjelder å identifisere endringer over tid eller klassifisere arealdekket. Det er snarer slik at det er behov for å kombinere teknikker og å benytte ulike datakilder slik vi har gjort i dette prosjektet. I det etterfølgende drøfter vi resultatene våre og utviklingsmuligheter knyttet til både endringsstudier og arealklassifisering.



Figur 5 Kombinerte arealkategorier fra SPOT- og QuickBirddata. Tettstedsområdene i Lørenskog kommune

Endringsdeteksjon basert på satellittbilder

Endringer i grønnstrukturen fra 1994 til 2006 viste det seg å være vanskelig å kartlegge grunnet lavere bildekvalitet på satellittbildene vi hadde fra 1994. Vi benyttet derfor en enklere metode der vi klarte å identifisere endringer fra grått til grønt og vise versa. Metoden som ble brukt i denne endringsstudien viser at den effektivt fanger opp større endringer, men mindre endringer (under ca. 500 m^2) er usikre. Slike små endringer kan være avhengig av spesielle forhold ett år som fuktigheten i jorda, tørkeperioder, solvinkel, løvmasse og lignende. Metoden gir imidlertid en god indikasjon på trender i utviklingen av endringen i det blågrønne innholdet i bylandskapet og er derfor godt egnet for overvåking og overordnete analyser.

For å få et mer detaljert innblikk i endringsmønsteret der vi også kan følge med på om det blir mer eller mindre grasarealer, mer eller mindre blandingsskog osv., kreves

andre metoder. Til nå er nøyaktigheten i identifiseringen av slike klasser i Quickbird ikke god nok.

For å gjøre endringsdeteksjon fra satellittbilder er det tre hovedtilnærminger:

1. Klassifisér og sammenlign
2. Detektér endringsmønstre
3. Beregn måleverdier og sammenlign

I den første tilnærmingen klassifiserer man satellittbilder fra to forskjellige tidspunkter over det samme området. Man får da to arealdekningskart, og alle forskjeller mellom dem markeres som endringer. Den første tilnærmingen er den mest intuitive, men den avhenger sterkt av at man klarer å oppnå en svært lav feilrate. Når en finner endringer ved å sammenligne de to arealdekningskartene, vil feilene fra hvert kart akkumuleres, og feilraten nesten dobles. Ofte vil den virkelige endringsraten være lavere enn feilraten til endringsdeteksjonen.

Likevel kan denne tilnærmingen ha noe for seg dersom en kan påvise endringer fra «veldig grønt» til grått med svært lav feilrate, og leve med at det kan være glidende overganger mellom arealklasser som ligner på hverandre, som grått areal og lite vegetasjon.

I den andre tilnærmingen trenes klassifikatoren til å gjenkjenne endringsmønstre. I det enkleste tilfellet inneholder treningsdataene områder som har endret seg fra én klasse til en annen, for alle mulige kombinasjoner av arealdekke i det første og det andre bildet. Uendrete områder finnes også i treningsdataene for hver eneste arealdekningsklasse.

I en litt mer komplisert variant av den andre tilnærmingen har man flere bildeopptak over det samme området innenfor det tidsintervallet man er interessert i. En tidsserieanalyse kan da gjennomføres, hvor man modellerer den naturlige variasjonen. Naturlig variasjon inkluderer fenologisk[4] utvikling gjennom et år, forskjeller i fenologisk utvikling mellom ulike år, fuktighet, nedbør og annet. Bare de statistisk signifikante avvikene fra den naturlige variasjonen blir merket som endringer. Hvis man har mange bildeopptak innen det aktuelle tidsrommet kan man til en viss grad håndtere delvis skydekke i enkelte av bildene (Salberg, 2010). Modellering av fenologisk variasjon kan med fordel gjøres fra daglige opptak med moderat til lav oppløsning, som MODIS eller AVHRR (Huseby, 2005).

I den tredje tilnærmingen beregnes en eller flere indikatorvariable, som normalisert differanse vegetasjonsindeks (NDVI) (se for eksempel Campbell, 2006), bladarealindeks (leaf area index, LAI) (Carlson and Ripley, 1997), prosent vegetasjonsdekke, eller lignende. Riktignok er disse indikatorene påvirket av naturlige variasjoner i nedbør, jordfuktighet og sollys. En varm og tørr sommer vil gi et markert fall i alle disse indikatorene. Derfor er en tidsserieanalyse aktuell også i dette tilfellet, for å kunne skille en virkelig arealdekningsendring fra en værpåvirket variasjon. Denne tilnærmingen er velegnet for bilder med moderat til lav oppløsning, særlig om man ønsker å overvåke variasjonen til en indikator for en hel kommune, eller den bebygde delen av kommunen. Ved å beregne gjennomsnitt over såpass store områder vil en kunne beregne veldig nøyaktige trender. MODIS (250 m) og AVHRR (1 km) burde være velegnet for dette formålet. AVHRR har gjort daglige opptak siden 1981 og MODIS siden 2000. Med disse to instrumentene kan for eksempel en 30-års tidsserie analyseres for å finne langtidstrender.

I en multiskalatilnærming kan hyppige opptak med moderat oppløsning (250 m–500 m) brukes som et utgangspunkt for analyse av de samme indikatorvariablene fra høyoppløselige (10 m–30 m) og svært høyoppløselige bilder (0,5 m–1 m). Ved å bruke bilder med moderat oppløsning for å kalibrere enkelte høyoppløselige og svært høyoppløselige bilder, kan man finne den eksakte posisjonen til

4. Med fenologisk utvikling tenker vi spesielt på årstidsutviklingen til løvtrær, gress og busker, men også bartrær. For løvtrær vil for eksempel tidspunktene for løvsprett og gulning variere fra år til år, men innenfor samme år også variere mellom ulike arter, og grunnet ulikheter i vekstvilkår også mellom trær fra samme art. Bartrær har også en fenologisk utvikling, med nye skudd av en lysere grønnfarge enn de eksisterende barnålene. Disse fargeforandringssyklusene kan en observere med satellittbilder om de tas ofte nok.

endringer som er blitt oppdaget i bilder med moderat oppløsning.

Avveiningen mellom høy temporal kontra høy romlig oppløsning er viktig for overvåkning av urban grønnstruktur. Dersom man ønsker å overvåke enkelttrær må man bruke svært høy oppløsning. På den annen side er det vanskelig å gjøre automatisk arealdekkeklassifikasjon i denne oppløsningen, fordi så mange små, irrelevant objekter finnes i bildet, som hagemøbler, biler, osv. En må vurdere om svært høyoppløselige bilder som fra Ikonos (1 m), Quickbird (0,6 m) og WorldView-2 (0,5 m) har for høy romlig oppløsning i forhold til de fenomenene en ønsker å overvåke, og egner seg bedre for visuell kalibrering og verifikasjon av metoder som brukes på høyoppløselige bilder som Landsat (15 m–30 m), Spot (5 m), og den nært forestående Sentinel-2 (10 m). Både Landsat og Sentinel-2 er designet for operasjonell bruk, det vil si at bilder tas ved faste tidsintervaller med global dekning. Med 16 og 5 dagers intervaller, for henholdsvis Landsat og Sentinel-2, og den nye politikken med gratis tilgang til Landsat-arkivet, er disse bildene en veldig relevant kilde for å beregne trender i urban grønnstruktur. Som nevnt over er daglige opptak i moderat oppløsning, som med MODIS (250 m), velegnet for å beregne fenologiske sykluser, men kan også brukes direkte for å beregne gjennomsnittlige verdier for indikatorer.

Arealklassifiseringbasert på satellittbilder

Når det gjelder arealklassifisering, har prosjektet avdekket at det er behov for bedre beskrivelser av de klassene vi har, med mer eksakte definisjoner.

For å klassifisere SPOT-data er vi vanligvis avhengige av kartdata for avgrensing av blant annet vann og dyrket mark. Det kan i noen tilfeller være vanskelig å skille vann fra jorder, spesielt hvis vannet inneholder store mengder leire- eller jordpartikler etter regnskyll eller flom. Skygger kan dessuten være vanskelig å skille fra vann/sjø. Ulike former for dyrket mark kan også være vanskelig å identifisere. Dette kan løses ved å hente kartdata fra andre kilder. I vårt tilfelle har vi for eksempel benyttet informasjon fra N50-kart når det gjelder dyrket mark. Data om vann og elver er godt kartlagt i Norge og kan også hentes inn på denne måten. Alternativt vil en god høydemodell kunne være til nytte for å identifisere vann.

Klassifikasjonsresultatene fra Quickbird-dataene ble evaluert manuelt, (Trier 2009; Trier & Lieng 2010) og klassifikasjonsraten ble funnet å være 89 %. Klassifikasjonsraten er antall korrekt klassifiserte bildepunkter delt på totalt antall bildepunkter. Den mest vanlige klassifikasjonsfeilen var å forveksle lite vegetasjon med grått areal. I tillegg var grensene mellom arealdekkeklassene svært rufsete eller hakkete. Videre skapte skygger fra trær og bygninger enkelte feilklassifiseringer. Om man ser på to – klasseproblemet, grønt kontra grått areal, så var klassifikasjonsraten 91%.

Man kan diskutere om 89 %, eventuelt 91 %, er et godt eller dårlig resultat. Det avhenger av bruken. 91 % klassifikasjonsrate er et godt utgangspunkt for forbedring av klassifikatoren. Men 9% feilrate er for høyt til at det er meningsfullt å bruke denne klassifikatoren slik den er nå til gjøre endringsdeteksjon ved å sammenligne klassifiserte bilder fra to ulike datoer. Til det er endringsraten vesentlig lavere enn den akkumulerte feilraten i endringsdeteksjonen. I en semiautomatisk tilnærming kan en operatør rette på det klassifiserte resultatet, og dersom dette er raskere og mer objektivt enn å klassifisere bildet manuelt uten støtte fra automatisk klassifikasjon, så er det en forbedring. Men fordi arealgrensene var veldig rufsete ville det blitt veldig mye manuell redigering i vårt tilfelle.

Det nye klassifiseringsopplegget sammenlignet med K-og N-serien

I utgangspunktet ønsket vi å komme fram til et klassifikasjonsopplegg likt det vi utviklet på 1990-tallet den såkalte K- og N-serien (Thorén 2000), som var spesielt utviklet for å analysere og verdivurdere en flerfunksjonell blågrønn struktur. Der ble det skilt mellom natur- og kulturpåvirket vegetasjon, samt vegetasjonens romlige fordeling i bylandskapet gradert etter tredekning/sjiktning.

I dette prosjektet har vi ikke klart å skille mellom natur- og kulturpåvirket vegetasjon på samme måte. Derimot er vi ganske nær de

opprinnelige klassene når det gjelder den romlige fordelingen. I K- og N-serieklassifiseringen skilte vi ut 8 klasser bestående av henholdsvis naturpregete og kultiverte områder med mer enn 40 % tredekning til helt åpne områder (gress, myr osv.). Vi har nå identifisert ni arealklasser som er noe annerledes enn K- og N-serien: 1) Bebygde områder, asfaltflater og lignende, 2) Vann, 3) Myr, 4) Lite vegetasjon, slitte områder, 5) Jordbruksareal (fulldyrka), 6) Graskledde områder/ områder med lav buskvegetasjon, 7) Områder med busk- og trevegetasjon i bebyggelsen, 8) Lauv- og blandingsskog, 9) Tett barskog. Det vi her har tapt når det gjelder kunnskap om såkalt opprinnelig natur versus kultivert og vegetasjonsstruktur, har vi vunnet i andre detaljer knyttet til innholdet, som for eksempel om det dreier seg om lauvskog, barskog, blandingsskog, myr plenarealer, dyrket mark osv. For de bebygde områdene har vi dessuten muligheten til å forenkle dataene dersom vi bare benytter SPOT-dataene. Fra disse dataene kan vi få informasjon om prosentvis nedbygd areal, i dette tilfellet inndelt i fire klasser.

Det nye klassifiseringsopplegget sammenlignet med utenlandske eksempler

Den internasjonale litteraturen på området er svært omfattende. Vi har derfor foreløpig i hovedsak begrenset oss til en systematisk gjennomgang av tidsskriftet Landscape and Urban Planning de siste 10 årene fordi dette er et sentralt tidsskrift i skjæringspunktet mellom landskap og planlegging. Grønnstruktur har dessuten vært et gjennomgående tema de siste ti årene. Gjennomgangen viste at klassifikasjonsspørsmålet er belyst av artikkelforfattere, men både metodene og klassifiseringsoppleggene varierer mye.

Noen sverger til høyoppløselige flybilder og manuelle metoder, og har gjennom det oppnådd svært detaljert informasjon og mange areakategorier av grønt/se for eksempel (Gill et al. 2008; Löfvenhaft et al. 2002; Pauleit & Duhme 2000; Pauleit et al. 2005). Slike metoder er valgt fordi de ansees som mest nøyaktige for å få informasjon om noe så komplekst som det et byområde er. (Akbari et al. 2003; Gill et al. 2008) Ulempen ved slike metoder er at de er svært tidkrevende, og erfaringene fra det norske miljøbyprosjektet viste at kommunene ikke hadde kapasitet eller kunnskap nok til denne typen kartlegging (Thorén 1999). Det er også stor variasjon i de studiene som benytter satellittdata. Mange av dem bruker Landsat, men eksemplene fra Landscape and Urban Planning viser også at data er hentet fra SPOT og fra høyoppløselige satellittbilder fra IKONOS og QuickBird. Det er få eksempler på at en har kombinert satellittdata fra ulike satellitter slik vi har gjort.

Måten man klassifiserer den blågrønne strukturen varierer også mye, og grovt sett kan vi dele oppleggene i 5 hovedgrupper: 1) Klassifisering basert på blanding av arealdekke og arealbruk Eks. (Buyantuyev et al. 2010; Landry & Pu 2010; Styers et al. 2010). 2) Kartlegging både av arealbruk og arealdekke, men gjennomført slik at det grønne innholdet kan identifiseres spesifikt. Se for eksempel (Pauleit & Duhme 2000; Robinson et al. 2005)mfl., 3) Arealdekke eventuelt graden av grønt («Greenness») (Akbari et al. 2003; Dorner et al. 2002; Löfvenhaft et al. 2002; Styers et al. 2010) og 5) Arts- og habitatkartlegging basert på feltarbeid (Zerbe et al. 2003).

Vi har spesifikt ikke ønsket å utvikle et opplegg der arealbruk og arealdekke er blandet sammen slik man for eksempel ser det i Corine land cover (Meirich 2008) og i en del av litteraturen vi har gjennomsøkt. Vi mener at det er mest formålstjenlig å holde den fysiske strukturen, d.v.s. arealdekket, adskilt fra arealbruk. Det er for eksempel vanskelig i dag å si om noe som er klassifisert som boligområde virkelig er bolig, eller om industriområder fortsatt har industriproduksjon. Det kan like gjerne være barnehager i begge fysiske strukturer. En kan spørre seg om det ikke er enklere og mer korrekt å få denne typen informasjon fra kommunens planer.

Målrettet valg av kartleggingsenheter

Formålet med kartleggingen varierer mye i de ulike prosjektene som er med i vår tidsskriftstudie.. Mest vanlig er det å avdekke landskapsendringer som følge av byutvikling og fortetting. Endringsdataene brukes for å undersøke hvilke konsekvenser endrin-

gene får for biologisk mangfold, varmeøyeffekter og lokalklima, flomfare osv. Det slående er at kartleggingsenhetene i liten grad er drøftet i forhold til målet med kartleggingen. I en del tilfeller er omfanget av arealklasser svært stort, samtidig som vi ser at alle disse klassene ikke benyttes i analysene. Dette er uheldig fordi antallet arealklasser påvirker nøyaktigheten (Mathieu, R. et al. 2007) Det er m.a.o. ikke et mål å identifisere flest mulig klasser, men et optimalt antall i forhold til formålet. For vår del har dette vært et minste felles multiplum av informasjon som kan si noe om en flerfunksjonell grønnstruktur.

De fleste satellittbaserte studiene vi har vurdert har imidlertid unngått for mange klasser, og vi registrerer at man i de fleste tilfellene er kommet fram til enheter som har mange likhetstrekk med våre. Spørsmålet er om disse kategoriene fortsatt er interessante som grunnlag for å verdivurdere en flerfunksjonell grønnstruktur, og om vi bør strekke oss etter mer informasjon. I tabell 3 har vi listet opp de viktigste verdiene og funksjonene som en blågrønn struktur i by kan ha, og beskrevet kortfattet hva slags grunnleggende informasjon som behøves for hvert av temaene.

Tabell 3 Oversikt over grunnleggende informasjon som er nødvendig for å kartlegge den blågrønne strukturens verdier og funksjoner

VERDI / FUNKJSON	NØDVENDIG EVENTUELT ØNSKELIG Å KARTLEGGE/
Rekreasjon, lek osv	Områdestørrelser (både store og små områder), variasjon i innhold (sjiktvariasjon, artsvariasjon, vann, tredekke). Se for eksempel (Burgess et al. 1988; Bärring & Grahn 1995; Martensson et al. 2009)
Betydning for å strukturere bebyggelsen og for visuelle romlige forhold og synlighet	Tredekning, bar og løvskog, høyder, sjiktning
Biologisk mangfold, biologisk helse:	Områdestørrelser, formen på områdene, kantdiversitet, variasjon i innhold (sjiktvariasjon, artsvariasjon, sjeldne/ sårbare arter og biotoper), naturlig kontra menneskeskapt vegetasjon, vann, våtmarker.
Flomsikring/ ivareta overflatevann	Graden av nedbygging gir første hånds informasjon. Gjennomtrengelige flater dvs. alle områder med vegetasjon, dyrket mark, åpen jord, grus og lignende, vann, elver, bekker og våtmarker. Jordsmonn- og terrengdata. Se for eksempel (Pauleit & Duhme 2000)
Luftkvalitet og lokalklima.	Lokalklima og luftkvalitet: Graden av nedbygging gir første hånds informasjon. For øvrig alle grønne overflater, vann, elver, våtmarker. Vindbeskyttelse: Sjiktning i vegetasjonen bar/ løvskog,

Våre ni arealklasser tilfredsstiler langt på veg informasjonsbehovet som er vist i tabellen. Den informasjonen vi ikke har klart å skaffe så langt er:

- Flere klasser med informasjon om vegetasjonssjiktning og høyder,
- Bedre oversikt over alle permeable flater bl.a. skille ut grus, sand og lignende hvis mulig.
- Mer kunnskap om artsinnholdet.
- Identifisere kombinasjoner av bebyggelses- og vegetasjonsstrukturer.

Flere klasser med informasjon om vegetasjonssjiktning og høyder: Lidardata vil kunne gi høyden på trær og større busker, og dersom punkttettheten er høy nok, vil trærnes fasong til en viss grad også være synlige i lidardataene. Samtidig vil det være en grense for hvor lav vegetasjon som kan fanges opp av lidarmålinger, avhengig av punkttetthet. Svært lav vegetasjon vil ikke kunne skilles fra bar bakke, slik at lidardata vil måtte være et supplement til optiske bilder i kartlegging og endringsdeteksjon av grønnstrukturer.

Bedre oversikt over alle permeable flater bl.a. skille ut grus, sand og lignende: Stort sett vil det være slik at grønne flater er permeable,

mens grå flater ikke er det. Et unntak er sand og grus. Men det er vanskelig å skille spektralt sand og grus fra betong og asfalt i optiske bilder. Samtidig er det ikke så mange grå flater som har sand- eller grusdekke, slik at det nok ikke er noe stort problem.

Mer kunnskap om artsinnholdet: Det vil ikke være mulig å få detaljert artsinformasjon fra satellittdata. For dette formålet er feltarbeid helt nødvendig. Det vil imidlertid være mulig å komme lengre i å kunne skille lauv- fra bar i blandingsskogen: For å skille lauvtrær fra bartrær i blandingsskogen kan en tenke seg å prøve ut ulike teknikker. Lidardata med høy punkttetthet vil kunne gi noe informasjon om trekronenes fasong. Den fenologiske variasjonen vil være svært stor for lauvtrær i løpet av et år sammenlignet med bartrær, slik at om en har flere opptak som dekker de ulike årstidene, vil en kunne ha håp om å skille lauvtrær og bartrær spektralt, men det gjenstår å se hvor høy oppløsning en trenger for å klare dette.

Identifisere kombinasjoner av bebyggelses- og vegetasjonsstrukturer: Dette temaet fremgår ikke av tabell 3 over, men er uansett interessant i forbindelse med fortettingsplanlegging. Ulike kombinasjoner av bebyggelses- og vegetasjonsstrukturer vil kanskje kunne framstå som ulike teksturer ved gitte oppløsninger. En kan kombinere teksturanalyse med en multiskalatilnærming ved å bruke en bildepyramide. I en bildepyramide vil bildet finnes i mange forskjellige oppløsninger, ved at 2 x 2 bildepunkter i en oppløsning slås sammen til ett bildepunkt i den neste oppløsningen. Bebyggelsesstrukturene vil kunne hentes fra GIS-data.

Konklusjon og videre utviklingsbehov

Det ser ut til å være en økende interesse for denne typen arealinformasjon rundt om i kommunene, og det etterlyses fra ulike hold lett tilgjengelige data som i alle fall i Norge er bygget opp rundt samme metode. Dersom slike data skal benyttes i forbindelse med overvåking og som grunnlag for miljøindikatorer er det m.a.o. viktig at det snart etableres et nasjonalt kartleggingsopplegg.

Eksperimentene med SPOT- og QuickBirdbilder har vist at satellittbilder er en relevant informasjonskilde for overvåking av urban grønnstruktur. Likevel må metodene videreutvikles for å gjøre endringsanalyser og arealklassifikasjon mulig.

Fordi svært høyoppløselige satellittbilder av urbane strøk inneholder veldig mange detaljer, er arealdekningskartlegging tidkrevende for mennesker og vanskelig for automatiske dataprogrammer. Dette gjør det aktuelt å prøve andre tilnærminger, for eksempel ved å måle en mer stabil parameter. En god kandidat er NDVI, som er definert direkte som en funksjon av den røde og den nærinfrarøde kanalen i satellittbildet. Den kan derfor beregnes svært pålitelig fra satellittbilder. Den er også nært relatert til klorofyllkonsentrasjon i vegetasjon.

En mulighet kan være å analysere NDVI i en 30-års tidsserie av bilder fra AVHRR (1 km) supplert med MODIS (250 m) for de siste 10 årene. Dette vil kunne gi en unik innsikt i tidligere og nåværende trender for studieområdet, for eksempel de bebygde delene av en kommune. Det vil i seg selv være et interessant resultat. Med dette som basis kan en så ta med Landsat (30 m) og tilslutt Quickbird (0,5 m) og Worldview-2 (0,5 m) for å studere hvordan deteksjon av endringer i urban grønnstruktur kan forbedres ved en multiskalatilnærming. En kan også forberede for framtidig bruk av Sentinel-2 (10 m).

For arealklassifikasjon kan en undersøke om en multiskala teksturanalyse kan gi de arealdekningsklassene en er interessert i. Enkeltobjekter i et Quickbirdbilde, som bygninger, trær, gressflekker, hagemøbler og annet, kan da inngå som elementer i teksturen ved noen oppløsninger. En må trolig se på teksturer i ulike oppløsninger samtidig (Trier 2009, 2010). Ved å kombinere bilder fra ulike satellitter, med ulik oppløsning, vil en få mer informasjon, som kan gi mer robust klassifikasjon.

Prosjektet har også avdekket at det er behov for mer inngående testing av dataene mot praktisk bruk dersom det skal utvikles en tjeneste. Et viktig felt for uttesting nå er for temaene biologisk mangfold samt klimatilpasning, overflatevann og flom, der vi hittil ikke har kommet særlig langt.

Litteratur:

Akbari, H., Shea Rose, L. & Taha, H. (2003). Analyzing the land cover of an urban environment using high-resolution orthophotos. *Landscape and Urban Planning*, 63 (1): 1–14.

Burgess, J., Harrison, C. M. & Limb, M. (1988). People, parks and the urban green – a study of popular meanings and values for open spaces in the city.. *Urban Studies*, 25 (6): 455–473.

Buyantuyev, A., Wu, J. & Gries, C. (2010). Multiscale analysis of the urbanization pattern of the Phoenix metropolitan landscape of USA: Time, space and thematic resolution. *Landscape and Urban Planning*, 94 (3–4): 206–217.

Bärring, A.-M. B. & Grahn, P. (1995). *Grönstrukturens betydelse för anvendingen i landskapsplanering: en jämtförande studie av hur människor i barnstugor, skolor, föreningar, vårdinstitutioner m fl organisationer utnyttjar tre städers parkutbud*. Rapport. Alnarp: Institutionen. 310, [26] s. pp.

Campbell, J. B., 2006. *Introduction to Remote Sensing,* fourth edition 2006. Taylor & Francis, London.

Carlson, T. N., Ripley, D. A., 1997. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sensing of Environment* 62: 241–252.

Definiens AG. (2007). Definiens Developer 7 Reference Book Document Version 7.0.0.843. München.

DN. (2003). *Grønn by: –arealplanlegging og grønnstruktur.* Trondheim: Direktoratet for naturforvaltning.

Dorner, B., Lertzman, K. & Fall, J. (2002). Landscape pattern in topographically complex landscapes: issues and techniques for analysis. *Landscape Ecology*, 17 (8): 729–743.

Dyring, A.-K. & Nyhuus, S. (1990). Grøntstrukturanalyse: eks. Horten, 82-90391-15-3. Oslo ; Ås: Universitetet i Oslo. Senter for utvikling og miljø, avd. miljøforskning ; Norges landbrukshøgskole. Institutt for landskapsarkitektur. 75 bl. pp.

Fredriksen, T., Jansen, I. J., Nyhus, S. & Thorén, A.-K. H. (1997). Kartlegging og overvåking av urban grønnstruktur, ved bruk av satellittdata. Eksempel Oslo. In kartverk, S. (ed.).

Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., Pauleit, S., Theuray, N. & Lindley, S. J. (2008). Characterising the urban environment of UK cities and towns: A template for landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 87 (3): 210–222.

Hansen, M. C., Defries, R., Townshend, J. R. G., & Sohlberg, R. 2000. Global landcover classification at 1 km spatial resolution using a classification tree approach. International Journal of Remote Sensing, 21:1331–1364.

Huseby, R. B., Aurdal, L., Eikvil, L., Solberg, R., Vikhamar, D., Solberg, A. H. S., 2005. Alignment of growth seasons from satellite data. 2005 International Workshop on the Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images, pp. 213–216.

Landry, S. & Pu, R. L. (2010). The impact of land development regulation on residential tree cover: An empirical evaluation using high-resolution IKONOS imagery. *Landscape and Urban Planning*, 94 (2): 94–104.

Löfvenhaft, K., Bjorn, C. & Ihse, M. (2002). Biotope patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 58 (2–4): 223–240.

Martensson, F., Boldemann, C., Soderstrom, M., Blennow, M., Englund, J. E. & Grahn, P. (2009). Outdoor environmental assessment of attention promoting settings for preschool children. *Health & Place*, 15 (4): 1149–1157.

Mathieu, R., Aryal, J. & Chong, A. K. (2007). Object-based classification of ikonos imagery for mapping large-scale vegetation communities in urban areas. *Sensors*, 7 (11): 2860–2880.

Mathieu, R., Freeman, C. & Aryal, J. (2007). Mapping private gardens in urban areas using object-oriented techniques and very high-resolution satellite imagery. *Landscape and Urban Planning*, 81 (3): 179–192.

Meirich, S. (2008). Mapping Guide for a European Urban Atlas. In Land, G. (ed.).

Nyhuus, S. & Thorén, A.-K. H. (1996). Grønnstrukturens vilkår i kommunal arealplanlegging 1965–1995: endringer av grønnstrukturen i noen utvalgte by- og tettstedsområder fra 50-tallet til i dag. *MILKOM notat*. Oslo: Norges forskningsråd. 124 s. pp.

Pauleit, S. & Duhme, F. (2000). Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52 (1): 1–20.

Pauleit, S., Ennos, R. & Golding, Y. (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change – a study in Mersey-

side, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71 (2–4): 295–310.

Robinson, L., Newell, J. P. & Marzluff, J. M. (2005). Twenty-five years of sprawl in the Seattle region: growth management responses and implications for conservation. *Landscape and Urban Planning*, 71 (1): 51–72.

Salberg, A.-B., 2010. Land cover classification of cloud-contaminated multitemporal high-resolution images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* , to appear.

Styers, D. M., Chappelka, A. H., Marzen, L. J. & Somers, G. L. (2010). Developing a land-cover classification to select indicators of forest ecosystem health in a rapidly urbanizing landscape. *Landscape and Urban Planning*, 94 (3–4): 158–165.

Thorén, A.-K. H. & Nyhuus, S. (1994). *Planlegging av grønnstruktur i byer og tettsteder (Planning for urban green structures)*. naturforvaltning, D. f. Trondheim: Direktoratet for naturforvaltning.

Thorén, A.-K. H. (1999). Friluftsliv i bystrøk. *NIBR Prosjektrapport*. Oslo: Norsk institutt for by- og regionforskning. 144 pp.

Thorén, K. H. (2000). «The green poster» A method to evaluate the sustainability of the urban green structure. *Environmental Impact Assessment Review*, 20 (3): 359–371.

Thorén, K. H. & Aradi, R. (in prep 2010). Kartlegging av urban grønnstruktur med satellittdata. Klassifiseringskategorier og eksempler på bruk. Aas: Department of Landscape Archirecture and Spatial Planning. UMB.

Trier, Ø. D. (2009). Urban green structure. Validation of automatic classification. *SAMBA*. 52 pp.

Trier, Ø. D. & Lieng, E. (2010, July 5–7, 2010). *Validation of a semi-automated classfication approach for urban green structure*. ISPR Technical Commission VII Symposium. 100 Years ISPRS Advancing Remote Sensing Sciences, Vienna, pp. 596–601: Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology.

Trier, Ø. D. (2010). Urban green structure. State of the art of classification methodology. *SAMBA*, SAMBA/03/10 Oslo: Norwegian computing center. 34 pp.

Vikhamar, D. (2004). *Satellittdata til kartlegging av arealdekke: utprøving av beslutningstremetodikk i Østfold fylke*. Utredning for DN. Trondheim: Direktoratet for naturforvaltning. 64 s. pp.

Werquin, A. C., Duhem, B., Lindholm, G., Oppermann, B., Pauleit, P. & Tjallingii, S. (2005). *Green structure and urban planning : final report*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 438 s. pp.

Zerbe, S., Maurer, U., Schmitz, S. & Sukopp, H. (2003). Biodiversity in Berlin and its potential for nature conservation. *Landscape and Urban Planning*, 62 (3): 139–148.

Notiser

Arve Leiknes ny leder i NJKF etter Leiv Bjarte Mjøs

Høgskolelektor ved Høgskolen i Bergen Arve Leiknes er valgt til ny leder av foreningen. Arve er fagsjef i NJKF og en kjent person i fagmiljøet. Han overtar etter Leiv Bjarte Mjøs som ikke stilte til gjenvalg etter 14 år som leder.

Arve Leiknes til venstre gratuleres av avgående leder Leiv Bjarte Mjøs.
Foto Øystein Jakob Bjerva.