



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2020 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

## **Estimering av blågrønn faktor i eksisterende bymiljø ved bruk av multispektrale bilder og laserdata**

Estimation of blue-green factor in existing urban environment using multispectral images and laser data

Ingvild Martini  
Geomatikk

## Sammendrag

Klimaendringer bidrar til at det blir mer ekstremvær, blant annet store nedbørmengder. Dette kan føre til overvann og oversvømmelser som igjen kan gjøre store skader på veier og bygninger. I tillegg fører urbanisering til at bakken mister sin infiltrasjonsevne ved naturinngrep som skoghogst, veianlegg og tettbebyggelse. Økt urbanisering fører også til tap av biologisk mangfold. Blågrønn faktor (BGF) ble opprettet for å sikre at bygningsprosjekter får blågrønn infrastruktur ved å stille krav til tiltak for bedre overvannshåndtering og at det biologiske mangfoldet blir bevart.

BGF brukes vanligvis på nye byggesaker, men i fjor skrev Kailainathan (2019) en masteroppgave om å finne BGF på eksisterende bymiljø. I tillegg til laserdata ble brukt hyperspektrale data. Det gir en god estimering av BGF, men krever mye regnekraft. Denne masteroppgaven videreutvikler metoden fra i fjor ved å bruke multispektrale data. De finnes lett tilgjengelig over hele Norge og kan brukes på større områder uten å kreve like mye regnekraft. I tillegg har metoden for å finne noen av delfaktorene blitt forbedret og prosessen har blitt mer automatisert.

Resultatene ble som forventet litt mindre nøyaktige enn metoden til Kailainathan (2019), men det er en god korrelasjon mellom resultatene av metodene. Denne metoden kan gjøre det lettere for alle kommuner i Norge å beregne BGF, som et tiltak for å unngå flom og tap av biodiversitet i byene.

## Abstract

Climate change contributes to more extreme weather and greater amounts of rain. This can lead to more surface water and floods that can cause major damage to roads and buildings. In addition, urbanization causes the ground to lose its infiltration capacity through natural interventions such as logging, road construction and urban development. Additionally, increased urbanization leads to loss of biodiversity. Blue-green factor (BGF) is created to ensure that building projects receive blue-green infrastructure by imposing requirements for better overlaying water management and biodiversity preservation.

BGF is usually applied to new building cases, but last year Kailainathan (2019) wrote a master thesis about finding BGF in existing urban environments. In addition to laser data, hyperspectral data was used. It gives an accurate result but requires a lot of computing power. This master thesis further develops the method from last year, using multispectral data that is easily available throughout Norway. It can also be used in larger areas without requiring as much computing power. In addition, the method for detecting some of the sub-factors has been improved and the process has become more automated.

As expected, the results were slightly less accurate than the method of Kailainathan (2019). Nevertheless, this method works well, and there is a good correlation the results. This method can make it easier for all municipalities in Norway to calculate BGF as a measure to avoid floods and loss of biodiversity in cities.

## Forord

Først vil jeg takke Dagrun Aarsten fra 3D Analyse for gode råd og kontinuerlig oppfølging av oppgaven. Deretter vil jeg takke Ivar Maalen-Johansen ved NMBU for god veiledning i skriveprosessen. Vil også takke Ingunn Burud ved NMBU for hjelp til å fjerne overtilpasning i klassifiseringa og Standard Norge som har latt meg bruke høringsdokumentet til den nye standarden for BGF. Til slutt vil jeg takke Terratec AS for data.

## Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	ii
Abstract .....	iii
Forord .....	iv
Innholdsfortegnelse .....	v
Figurliste .....	vii
Kapittel 1: Innledning .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemstilling.....	2
Kapittel 2: Begreper.....	3
Kapittel 3: Teori om blågrønn faktor.....	5
3.1 Faktorene i blågrønn analyse .....	5
01 Kobling til blågrønne strukturer .....	6
02 Oppsamling av overvann for vanning.....	6
A1 Grønne overflater på terreng.....	7
A2 Grønne overflater på konstruksjon.....	7
A3 Permanente vannspeil og åpne vassdrag.....	7
A4 Permeable dekker .....	7
A5 Tette flater med avrenning til åpne overvannstiltak .....	8
T1 Terrengforsenkninger .....	8
T2 Plantefelt og eksisterende vegetasjonstyper .....	8
T3 Grønne vegger .....	9
T4, T5 Trær .....	9
Kapittel 4: Metode.....	10
4.1 Område.....	10
4.2 Materialer.....	10
4.2.1 True ortofoto .....	10
4.2.2 CIR-ortofoto.....	10
4.2.3 Laserdata .....	10
4.2.4 FKB-data .....	11
4.2.5 Områdegrensler for beregning av BGF.....	11
4.3 Metode .....	11
4.3.1 Vegetasjon.....	11
4.3.2 Klassifisering .....	14

4.3.3 Dekke under trekronene .....	17
4.3.4 Terrengforsenkninger .....	18
4.3.5 Beregning av BGF.....	21
Kapittel 5: Resultater .....	25
5.1 Oversikt over resultatvektorer .....	25
5.2 Resultat plantefelt og trær .....	26
5.3 Resultat klassifisering .....	26
5.3.1 Klassifisering av skygger, asfalt og grus.....	26
5.3.2 Klassifisering av grus, fjell, biler, gress og vegmarkering .....	28
5.4 Resultat permeable dekker .....	30
5.5 Resultat gress .....	31
5.6 Resultat vannspeil og terrengforsenkninger .....	32
5.7 BGF Resultat .....	32
5.8 Validering av tomter.....	36
5.8.1 Tomt 61 .....	37
5.8.2 Tomt 63 .....	38
5.8.3 Tomt 66 .....	39
5.8.4 Tomt 106 .....	40
5.8.5 Tomt 138 .....	41
Kapittel 6: Diskusjon .....	42
6.1 Forbedringer .....	42
6.2 Vurderinger rundt metode .....	42
6.3 Andre forandringer.....	43
6.4 Feilkilder .....	43
6.4.1 NDVI.....	43
6.4.2 Høyde på vegetasjon .....	44
6.4.3 Krav om oppsamlingsevne.....	44
6.4.4 Skygger i klassifikasjon .....	44
6.4.5 Overtilpassing.....	45
6.4.6 Forandringer 2015-2017.....	45
6.5 Mulige forbedringer .....	45
6.5.1 Valg av NDVI-grense for vegetasjon .....	45
6.5.2 Grønne overflater på konstruksjon .....	45
6.5.3 Automatisering.....	46
Kapittel 7: Konklusjon.....	47
Kapittel 8: Litteraturliste .....	48

## Figurliste

Figur 1: Formel for NDVI.....	3
Figur 2: Formel for beregning av BGF.....	5
Figur 3: Faktorene i blågrønn faktor. Alle figurene i dette delkapittelet er hentet fra Standard Norge (2020). .....	6
Figur 4: Illustrasjon av kobling til blågrønne strukturer. ....	6
Figur 5: Illustrasjon av oppsamling av overvann for vanning.....	7
Figur 6: Illustrasjon av grønne overflater på terreng. ....	7
Figur 7: Illustrasjon av grønne overflater på konstruksjon. ....	7
Figur 8: Illustrasjon av permanente vannspeil og åpne vassdrag. ....	7
Figur 9: Illustrasjon av permeable dekker. ....	8
Figur 10: Illustrasjon av tette flater med avrenning til overvannstiltak.....	8
Figur 11: Illustrasjon av terrengforsenkninger. Infiltrering som hovedfunksjon til venstre og fordrøyning som hovedfunksjon til høyre.....	8
Figur 12: Illustrasjon av plantefelt og eksisterende vegetasjonstyper.....	8
Figur 13: Illustrasjon av grønne vegger. ....	9
Figur 14: Illustrasjon av trær. Til venstre nyplantede trær, beregning av trekroneareal i midten og beregning av stammediameter til høyre.....	9
Figur 15: Visualisering av utvidelsen av området brukt i denne metoden. Det minste området ble brukt av Kailainathan (2019) og det større området blir brukt i denne oppgaven. Bakgrunnskart fra Geonorge.....	10
Figur 16: Maskering av vann. Til venstre er et område rundt festningen der det er vanskelig å skille på vann og vegetasjon. Til høyre er samme område der vannet (i blått) blir maskert. Maskeringen gjør i dette tilfellet at vannet blir riktig definert som vann i stedet for å bli definert som vegetasjon. ....	11
Figur 17: Effekt av ulike NDVI-grenser. Øverst til venstre er et område med mye vegetasjon. Øverst til høyre er NDVI-grensa satt til 0,1. Nederst til venstre er NDVI-grensa satt til 0,2, Nederst til høyre er NDVI-grensa satt til 0,25. ....	12
Figur 18: De ulike vegetasjonstypene der oransje er gress, rosa er plantefelt og grønt er trær. Vegetasjonen på hustak ble senere klippet vekk. ....	13
Figur 19: Til venstre er et utsnitt av utgangspunktet for klassifisering der vegetasjon, vann og bygninger er maskert bort. Til høyre vises et mindre utsnitt av området delt opp i segmenter etter spektralsignaturen.....	14
Figur 20: Utklipp av attributt Tabellen der gjennomsnittsverdien for hvert bånd er beregnet for hvert segment.....	14
Figur 21: Visualisering av hvor treningsdataen og valideringsdataen ble valgt på det maskerte bildet. Treningsdata ble valgt fra nord for den røde streken og valideringsdataen ble valgt fra området sør for den røde streken.....	15
Figur 22: Antall trenings- og valideringssegmenter i de tre klassene. ....	15
Figur 23: Utklipp av klassifiseringsresultatet til venstre og ortofoto over samme område til høyre. Parkeringsplassen ble asfalt og grusbane ved siden av ble grus.....	16
Figur 24: Til venstre: et utklipp av utgangspunktdataen. Til høyre: samme utklipp av det som ble klassifisert som grus. Her kan man se at både en rød bil og litt vegetasjon i høyre hjørne er med. ....	16
Figur 25: Antall trenings og valideringssegmenter til klassifikasjonen av grus.....	16
Figur 26: Utklipp av klassifiseringsresultatet til venstre. Ortofoto over samme område til høyre. Det er vegoppmerking nederst til venstre, grus i oppkjørselen til huset og det gresset med lav NDVI har nå blitt klassifisert rett. ....	17

Figur 27: Til venstre er tennisbanene med det som ble grus i klassifiseringa markert. Til høyre er det som ble grus etter det laveste i klassen "Hustak og biler" ble redefinert som grus. ....	17
Figur 28: Til venstre er trekronene klippet ut fra CIR-bildet slik at man kan se hva som er under trekronene. Til høyre er et utklipp av resultatet med NDVI-grensa på -0,05. Det grønne er det som blir definert som gress med ortofotoet fra sommeren i bakgrunnen.....	18
Figur 29: DTM.....	19
Figur 30: Differanse mellom original DTM og fylt DTM. Her kan man tydelig se at rensingen av vannet rundt festningen er i gang ved at den siden som er rensert ikke lenger har masse vegetasjon i seg og nå blir regnet som en dyp forsenkning. ....	20
Figur 31: Utklipp fra Street view i Google Maps som viser vegetasjonen i vannet rundt halve festningen. Denne vegetasjonen gjør at vannet ikke blir definert som forsenkning i like stor grad som andre siden.....	20
Figur 32: Terrengforsenkning med fordrøyning som hovedfunksjon til venstre og med infiltrasjon som hovedfunksjon i midten og til høyre. Til venstre er den på en parkeringsplass av asfalt, i midten på en grusparkeringsplass og til høyre på gress. ....	21
Figur 33: Klargjøring for beregning av BGF i Python Console.....	22
Figur 34: Polygonene i matrikkelen/rutenettet deles opp så det blir en fil per polygon ved å bruke funksjonen splittVektorlag. (Kilde: <a href="https://gis.stackexchange.com/questions/273990/split-vector-layer-in-pyqgis">https://gis.stackexchange.com/questions/273990/split-vector-layer-in-pyqgis</a> ).....	22
Figur 35: For å lage liste med shp-filene ble funksjonen shpListe brukt. (Kilde: <a href="https://www.hatarilabs.com/ih-en/clip-multiple-layers-in-qgis-with-pyqgis-tutorial">https://www.hatarilabs.com/ih-en/clip-multiple-layers-in-qgis-with-pyqgis-tutorial</a> ).....	22
Figur 36: Polygonene av delfaktorene klippes til hvert rutenett/tomte-polygon.....	23
Figur 37: Beregning av BGF .....	23
Figur 38: Et annet problem som oppsto var at listene av shp-filer ble iterert gjennom alfabetisk når funksjonen krevde at lista ble iterert i stigende rekkefølge. Derfor ble denne funksjonen laget. ....	24
Figur 39: Tabell over resultatvektorene. ....	25
Figur 40: Plantefelt og trær funnet ved NDVI og nDSM.....	26
Figur 41: Forvirringsmatrise for klassifikasjon av grus, skygger og asfalt. ....	26
Figur 42: Klassifiseringsnøyaktighet for klassifikasjon 1 .....	27
Figur 43: Klassifiseringsresultat for asfalt, grus og skygger.....	27
Figur 44: Forvirringsmatrise for klassifikasjon av grus, biler, fjell, vegmarkering og gress.....	28
Figur 45: Klassifiseringsnøyaktighet for klassifikasjon av grusklassifiseringsresultatet.....	28
Figur 46: Klassifiseringsresultat for reklassifiseringen av grus.....	29
Figur 47: Resultat permeable dekker. De oransje områdene er det som ble klassifisert som grus i den andre klassifikasjonen, mens det brune er det som ble klassifisert som "Hustak og biler" og var lavere enn 0,3 m. Dette var i hovedsak tennisbanene.....	30
Figur 48: Resultat gress. De rosa områdene er det som ble klassifisert som gress fra grusklassifikasjonen og de lilla er gress under trær. Det grønne er vegetasjon som er lavere enn 0,3 m, som ble definert som gress med en gang og vegetasjon mellom 0,3 og 3 m. Vegetasjon mellom 0,3 og 3 m ble definert som plantefelt, men vektorene blir også tatt med her siden det antas å være gress under buskene. ....	31
Figur 49: Resultat av vannspeil (blått) og terrengforsenkninger(rosa). ....	32
Figur 50: BGF i rutenett fra SSB. ....	33
Figur 51: BGF i rutenett laget i QGIS. Man kan tydelig se at elva har fått en høy BGF siden delfaktoren permanente vannspeil og åpne vassdrag har vektingsfaktor 2. ....	33
Figur 52: BGF for tomtene i området. Tomtene er fra matrikkelen.....	34
Figur 53: Kailainathan (2019) resultat av BGF .....	35



Figur 54: BGF resultat på utvalgte tomter. Av tomtene som bare delvis er med, er det bare den delen som er med som er grunnlaget for beregningen. Dermed kan de se annerledes ut her enn på det store utklippet. ....	35
Figur 55: Tabell over BGF til valideringstomtene. ....	36
Figur 56: Søylediagram over BGF for valideringstomtene. ....	36
Figur 57: I utklippene under kommer et utvalg av illustrasjoner som følger denne fargeforklaringen.. .....	37
Figur 58: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 61 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus. ....	37
Figur 59: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Litt av området under treet som henger over asfalten er riktig definert som asfalt. ....	37
Figur 60: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 63 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus. ....	38
Figur 61: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Her er det et lite område nederst til venstre som egentlig er grus, men som har blitt definert som asfalt i den første klassifikasjonen på grunn av skygger. ....	38
Figur 62: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 66 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus. ....	39
Figur 63: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Man kan se at noen områder feilaktig ikke er dekket av gress. Det skjedde fordi disse områdene, som er under trær, hadde lavere NDVI enn -0,05. Denne feilkilden fører til lavere BGF. ....	39
Figur 64: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 106 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus. ....	40
Figur 65: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. ....	40
Figur 66: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 138 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus. ....	41
Figur 67: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Man kan se at områder som egentlig er grus rundt huset har blitt definert som gress på grunn av skygger. ....	41
Figur 68: Mørke tak der deler av taket er definert som tre (grønt). ....	43
Figur 69: De grønne områdene er definert som gress. Imellom disse finnes områder som også er gress, men som hadde for lav NDVI til å bli definert som det. ....	44
Figur 70: Til venstre er ortofoto over et område og til høyre er det som er definert som vegetasjon i grønt. Områder med skygger har blitt med i vegetasjonen. ....	44
Figur 71: Tre kroner kan henge over hustak. ....	46

## Kapittel 1: Innledning

### 1.1 Bakgrunn

BGF er ment til å brukes av kommunen og utbyggere i planleggingsfasen i nye byggesaker. Økt bruk av BGF stiller krav til tiltak for bedre overvannshåndtering og at det biologiske mangfoldet blir bevart. Utbyggeren kan selv velge hvilke løsninger som brukes for å legge til rette for nye ideer. BFG skal være et virkemiddel for å skape bysamfunn som er bedre forberedt for å håndtere de klimaendringene vi står ovenfor.

Siden 1900-tallet har nedbørmengden i Norge økt med 20%. Det er estimert at det kommer til å øke ytterligere 10-20% til innen 2100. I tillegg øker nedbørintensiteten, som vil si at det kommer mer vann på en gang. Dette kan føre til overvann og oversvømmelser i byer. (Meteorologisk institutt, 2017)

Byene i Norge kommer til å måtte håndtere store klimautfordringer, blant annet på grunn av urbanisering. Flere mennesker på mindre områder fører til flere byggeprosjekter med ulike naturinngrep. Det gjør at områder, som opprinnelig var naturlig drenerende for overvann, blir til tette flater som asfalt eller hustak. Da mister bakken sin infiltrasjonsevne. I tillegg fører urbanisering til at bakken mister sin infiltrasjonsevne ved naturinngrep som skoghogst, veianlegg og tettbebyggelse. (Tollan, 2020)

Mye overvann i en by kan blant annet føre til oversvømmelser og flom. Det kan gjøre store skader på veier og bygninger. Derfor er det viktig å finne tiltak som gjør at naturen blir ivaretatt og at gode løsninger for håndtering av overvann blir prioritert når det bygges tett.

Et tiltak som kan gjøres, er å følge blågrønn faktor (BGF) i nye byggeprosjekter. Det blir mer og mer brukt som krav i forhold til utbygging i mange byer i Norge. Kartlegging av BGF i eksisterende byområder kan gi en oversikt over nåværende situasjon. BGF stiller krav til bevaring av det biologiske mangfoldet og god håndtering av overvann. (Standard Norge, 2020)

Norsk BGF-standard er basert på utenlandske erfaringer med utgangspunkt i den tyske modellen «Biotopflächenfaktor» og de svenske modellene «Grönytefaktor» fra Malmö og «Green area factor» fra Stockholm. Etter initiativ fra Bærum og Oslo kommune, som hadde arbeidet med henholdsvis «Grønn arealfaktor» og «Grønne tak», kom den første versjonen av BGF gjennom et prosjekt i regi av Fremtidens byer. (Standard Norge, 2020)

Arbeidet ble videreført av Miljødirektoratet, som våren 2013 inviterte Oslo kommune, Bærum kommune, Dronninga Landskap AS, COWI AS og CF Møller AS til et samarbeid om å utvikle en metode for beregning av grønn faktor. (Plan- og bygningsetaten, 2018) Begrepet ble etter hvert endret til blågrønn faktor for å vise betydningen av overvann. (Ardila, 2014)

BGF har siden blitt videreutviklet av Oslo og Bærum kommune. Oslo har også laget sin egen versjon av BGF, «Norm for Blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo», som er en forenklet utgave av BGF. Denne ble utviklet fra prosjektet Framtidens byer i en femårig prosess. Metoden er en kommunal norm i Oslo. (Plan- og bygningsetaten, 2018)

BGF blir stadig utviklet for å legge til rette for nytenkninger og tiltak man ser at fungerer godt. I 2020 kom Norsk Standard med en ny versjon. (Standard Norge, 2020) Denne versjonen skal nå brukes i hele Norge for å beregne BGF.

I fjor skrev Kailainathan (2019) om BGF i sin masteroppgave. Der ble det funnet en måte å beregne BGF på eksisterende bymiljø i Fredrikstad ved å bruke fjernmåling. Da ble det brukt hyperspektrale

bilder, i tillegg til laserdata, som gjorde at resultatet ble veldig presist og nøyaktig. Hyperspektrale data gir de beste resultatene, men dataene er veldig store, og beregninger kan kreve mye datakraft. I tillegg er det dyrt å samle inn og finnes tilgjengelig bare et fåtall steder der det er gjort forskning og utviklingsarbeidsprosjekter. Derfor ble det kun funnet BGF på et mindre område. Denne metoden ble også omtalt i en artikkel skrevet av ansatte fra NMBU og relevante bransjefolk, inkludert begge mine veiledere. (Kailainathan et al., 2019)

## 1.2 Problemstilling

Multispektrale flybilder finnes over hele Norge og er tilgjengeliggjort i Geovekst gjennom Norgebilder. Å jobbe med disse krever også mindre regnekraft enn med hyperspektrale bilder. Dermed er det mulig å gjennomføre beregninger på større områder. Når store områder brukes er det viktigere å unngå å måtte gjøre manuelle korrigeringer.

Målet med denne oppgaven var å finne BGF i Fredrikstad sentrum ved å bruke multispektrale bilder og laserdata.

Forsknings spørsmål:

- Hvordan påvirkes nøyaktigheten av blågrønn faktor når det brukes multispektrale bilder i stedet for hyperspektrale?
- Finnes det muligheter for forbedring og automatisering av metoden til Kailainathan (2019)?

## Kapittel 2: Begreper

Begrep	Forklaring
<b>Elektromagnetisk stråling</b>	Energi som stråler ut fra en kilde, for eksempel sola. Strålingen får ulike bølgelengder og frekvens etter hvilket objekt den treffer.
<b>RGB</b>	Rødt, grønt og blått. Inneholder bølgelengder mellom 400 og 700 nm.
<b>NIR</b>	Står for nærinfrarødt og er stråling mellom 700 og 1000 nm.
<b>CIR-ortofoto</b>	CIR står for color-infrared og båndene som er med er NIR, R og G. Siden blått ikke er med, vises det i falske farger.
<b>Falske farger</b>	Et bilde der NIR vises som fargen rødt, rød stråling vises i grønne farger og grønn stråling som blått.
<b>Bånd</b>	Tar imot stråling i en viss del av spekteret. Kan vises som et raster med en verdi i hver piksel.
<b>Multispektrale bilder</b>	Bilder med 2-10 bånd.
<b>Hyperspektrale bilder</b>	Bilder med flere enn 10 bånd.
<b>Spektralsignatur</b>	Hvordan ulike objekter reflekterer ulike deler av sollyset.
<b>Vegetasjons spektralsignatur</b>	Vegetasjon gir høyest refleksjon i NIR og absorberer rødt og blått, slik at planter ser grønne ut.
<b>NDVI</b>	«Normalized Difference Vegetation Index» er en indeks som brukes til å sjekke om det er vegetasjon på et område ved å se på refleksjonen i NIR og det røde båndet. Resultatet blir mellom -1 og 1 der høye verdier betyr frodig vegetasjon. Figur 1 viser formelen for NDVI. $NDVI = \frac{NIR - Rødt}{NIR + Rødt}$ <i>Figur 1: Formel for NDVI</i>
<b>Punktsky</b>	Resultatet fra en laserskanning der hvert punkt har tre koordinater og eventuelt annen info som intensitetsverdi eller antall returer.
<b>Punkttetthet</b>	Antall punkt per kvadratmeter i en punktsky.
<b>DSM/DOM</b>	«Digital surface model» eller «Digital overflatemodell» lages ved å skille ut de første returene fra punktskyen og viser overflaten med alle objekter.
<b>DTM</b>	«Digital terrengmodell» lages ved å skille ut de siste returene fra punktskyen og viser hvordan terrenget ser ut uten objektene over.
<b>NDH</b>	Nasjonal detaljert høydemodell inneholder høydedata (punktsky, DOM og DTM) fra hele landet som man kan laste ned gratis på <a href="http://hoydedata.no">hoydedata.no</a> .
<b>True Ortofoto</b>	Ortofoto som lages sammen med en DOM, så høye objekter som for eksempel trær og bygninger ikke blir fortegnet, altså at de ikke lener seg ut mot en side.
<b>nDSM</b>	«Normalised digital surface model» er en høydemodell med relative høyder, altså høyder i forhold til bakken rundt. Kalles også AGL som står for «Height above ground level».
<b>Styrt klassifisering</b>	Å klassifisere etter egenvalgte treningsdata.
<b>SVM</b>	«Support Vector Machine» er en algoritme for styrt klassifisering. Den finner en høydimensjonal vektor som kan klassifisere observasjonene.
<b>Nearest neighbour</b>	Algoritme som blant annet brukes innen klassifisering. Et nytt objekt blir klassifisert ved at de nærmeste objektene har mest å si for resultatet.
<b>Radial-based kernel</b>	En vektet nearest neighbour.
<b>Overtilpasning</b>	At valideringselementene korresponderer for mye til treningsdatasettet og kan skape et falskt godt resultat.

<b>Forvirringsmatrise</b>	Viser sammenhengen mellom predikerte og sanne verdier ved å vise antall korrekte klassifiserte elementer i hver klasse i diagonalen og feilklassifikasjoner i resten av matrisa.
<b>Kappa-koeffisient</b>	En verdi mellom -1 og 1. Høye tall vil si at observert nøyaktighet samsvarer godt med forventet nøyaktighet.
<b>Klassifiseringsnøyaktighet</b>	(Engelsk: Accuracy) er definert som andelen korrekt klassifiserte tilfeller.

## Kapittel 3: Teori om blågrønn faktor

### 3.1 Faktorene i blågrønn analyse

Det er mulig å beregne BGF for en tomt ved å sette inn opplysninger i regnearket til Standard Norge (Figur 3). Opplysningene man trenger er arealet av ulike faktorer, som for eksempel permeable flater og trær. Deretter vektes de med en vektingsfaktor som sier noe om viktigheten av delfaktoren. Til slutt deles delfaktorene på det totale tomtearealet. Formelen er vist i Figur 2. (Standard Norge, 2020)





















Et minimum for BGF i tett by er 0,7 og i åpen by 0,8. Denne minimumsfaktoren er beholdt helt fra prosjektet Framtidens byer. Det har vært diskutert akkurat hvor grensa mellom tett og åpen by går, men bysentrum defineres vanligvis som tett. (Plan- og bygningsetaten, 2018)

$$\frac{\sum \text{Tiltakene i regnearket}}{\text{Tomteareal}} = \text{Total BGF}$$

Figur 2: Formel for beregning av BGF.

Det ble tatt utgangspunkt i tiltakene i den nye standarden for BGF. Tiltakene kalles delfaktorer. Delfaktorene deles inn i områdetiltak (O), arealtyper (A) og tilleggskvaliteter (T). Det kan bare være en arealtype hvert sted, men det kan i tillegg være tilleggsfaktorer. Det vil si at det for eksempel kan være gress under plantefelt og trær. (Standard Norge, 2020)

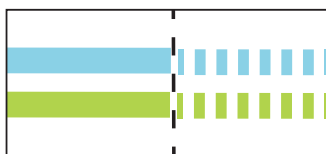
Hver delfaktor er vektet med en vektingsfaktor etter hvor viktig denne delfaktoren er for total BGF. Jo høyere den er, jo mer nyttig er delfaktoren. Eksempler på vektingsfaktorer er grønne overflater på terreng (gress) med faktor 1 og permeable dekker (hovedsakelig grus) med faktor 0,3. Vektingsfaktoren multipliseres med antall kvadratmeter funnet av delfaktoren, med noen unntak der man teller antall. For trær kan man velge om man vil telle antall eller beregne arealet. (Standard Norge, 2020)

Inndeling	Type	Kode	Vektingsfaktor	Mengde	Enhet	Vektet	
Områdetiltak (O1-O2)	 O1 Kobling til blågrønne strukturer	O1	0,05	0	stk	0	
	 O2 Oppsamling av overvann for vanning	O2	0,05	0	stk	0	
	<b>Sum av BGF for områdetiltak</b>						<b>0</b>
Arealtyper (A0-A5)	 A1, Grønne overflater på terreng	A1	1	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	A2, Grønne overflater på konstruksjon:						
	 A2.1, Vekstmedium med dybde på 0-3 cm <sup>a</sup>	A2.1	0,2	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 A2.2, Vekstmedium med dybde på 3-20 cm	A2.2	0,4	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 A2.3, Vekstmedium med dybde på 20-60 cm	A2.3	0,7	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 A2.4, Vekstmedium med dybde > 60 cm	A2.4	0,9	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 A3, Permanente vannspeil og åpne vassdrag	A3	2	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 A4, Permeable dekker	A4	0,3	0	m <sup>2</sup>	0,00	
 A5, Tette flater med avrenning til åpne overvannstiltak	A5	0,2	0	m <sup>2</sup>	0,00		
 A0, Andre flater og dekker	A0	0	0	m <sup>2</sup>	0,00		
<b>Sum av prosjektets areal / Sum av BGF for arealtyper</b>						<b>1</b> <b>0,00</b>	
Tilleggs-kvaliteter (T1-T5)	T1, Terrengforsenkninger						
	 T1.1, infiltrering som hovedfunksjon	T1.1	1	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 T1.2, fordøyning som hovedfunksjon	T1.2	0,5	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 T2, Plantefelt og eksisterende vegetasjonstyper	T2	0,5	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	 T3, Grønne vegger	T3	0,4	0	m <sup>2</sup>	0,00	
	T4, Nyplantede trær						
	 T4.1, som blir <10 m (beregnes med 25 m <sup>2</sup> )	25	T4.1	1	0	stk	0,00
	 T4.2, som blir >10 m (beregnes med 50 m <sup>2</sup> )	50	T4.2	1	0	stk	0,00
	T5, Eksisterende trær						
	 T5.1, Faktisk trekroneareal (uten overlapp)	Est. m <sup>2</sup>	T5.1	1	0	m <sup>2</sup>	0,00
 T5.2, so < 90 cm (beregnes som 50 m <sup>2</sup> kroneareal)	50	T5.2	1	0	stk	0,00	
 T5.3, so > 90 cm (beregnes som 100 m <sup>2</sup> kroneareal)	100	T5.3	1	0	stk	0,00	
<b>Sum av BGF for tilleggskvaliteter</b>						<b>0,00</b>	
<b>Sum av BGF</b>						<b>0,00</b>	
<sup>a</sup> Omfatter arealer som er tilrettelagt for mosevekst.							

Figur 3: Faktorene i blågrønn faktor. Alle figurene i dette delkapittelet er hentet fra Standard Norge (2020).

### 01 Kobling til blågrønne strukturer

Dette er blå og grønne tiltak som kobles til noe utenfor tomten (Figur 4). Et eksempel kan være tette flater med avrenning til åpne overvannstiltak der overvannstiltaket er utenfor tomten. Siden denne delfaktoren kun brukes når BGF regnes per tomt, blir den ikke tatt med i denne oppgaven. Tiltak som kobles til noe utenfor tomten får verdien av den delen av tiltaket som er på tomta. For eksempel om et tre er delvis på tomta, får tomta verdien av den delen av treet som er der. Denne delfaktoren har vektingsfaktor 0,05. (Standard Norge, 2020)

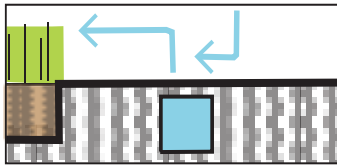


Figur 4: Illustrasjon av kobling til blågrønne strukturer.

### 02 Oppsamling av overvann for vanning

Oppsamling av overvann for vanning skal sikre tilgang på vann for vegetasjonen på tomten (Figur 5). Dette er en ny delfaktor i BGF-standarden fra 2020. Det gis poeng om oppsamlingen av overvann sikrer vann til vegetasjonen, også når det er tørke. Siden denne delfaktoren både er vanskelig å finne

ut ifra fjernmålte data og det er vanskelig å sjekke om en slik oppsamling oppfyller kravene som er satt, er den ikke tatt med i denne oppgaven. Vektingsfaktoren til denne delfaktoren er 0,05. (Standard Norge, 2020)

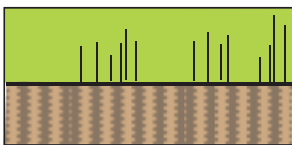


Figur 5: Illustrasjon av oppsamling av overvann for vanning.

#### A1 Grønne overflater på terreng

Grønne overflater på terreng er flater der det vokser gress og andre lave, grønne arter (Figur 6). (Plan- og bygningssetaten, 2018). I den nye versjonen er også fjell i dagen med i denne delfaktoren, men det er valgt å ikke ta det med siden det da blir lettere å sammenligne med Kailainathan (2019).

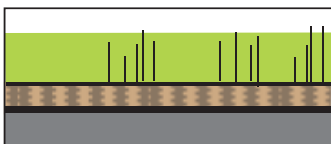
Vektingsfaktoren er 1. (Standard Norge, 2020)



Figur 6: Illustrasjon av grønne overflater på terreng.

#### A2 Grønne overflater på konstruksjon

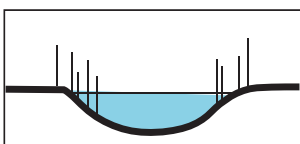
Grønne overflater på konstruksjon er i hovedsak grønne tak, men også andre konstruksjoner med grønt på (Figur 7). Overflatene deles inn i fire klasser etter hva dybden på jorda er med vektingsfaktor som varierer mellom 0,2 og 0,9. (Standard Norge, 2020)



Figur 7: Illustrasjon av grønne overflater på konstruksjon.

#### A3 Permanente vannspeil og åpne vassdrag

Både vannspeil og åpne vassdrag skal ha vann i hele vekstsesongen (Figur 8). Vannspeil skal også ved behov etterfylles med magasinert overvann. Dybden på vannspeil skal minst være 0,2 m. Disse blir vektet med 2. (Standard Norge, 2020) Det kan være vanskelig å vite om vannspeil og vassdrag som finnes har vann hele året eller bare i det øyeblikket den fjernmålte dataen ble samlet inn, men delfaktoren blir likevel tatt med videre.

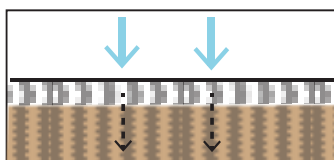


Figur 8: Illustrasjon av permanente vannspeil og åpne vassdrag.

#### A4 Permeable dekker

Permeable flater er delvis åpne, som vil si at vann kan synke gjennom (Figur 9). Det kan være grus, singel eller brostein og skal vektet med 0,3. (Standard Norge, 2020)

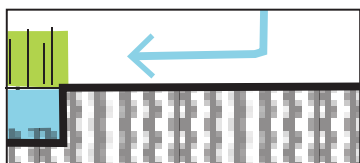




Figur 9: Illustrasjon av permeable dekker.

#### A5 Tette flater med avrenning til åpne overvannstiltak

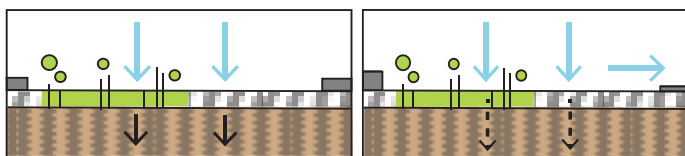
Tette flater inkluderer asfalt og hustak som ikke er grønne (Figur 10). Disse områdene med en helning som fører vannet til et overvannstiltak er med i denne delfaktoren, som vektes med 0,2. Kravene innebærer at overvannstiltaket har god nok evne til å kunne filtrere eller fordrøye vannet som kommer. (Standard Norge, 2020) Det er vanskelig å vite noe om infiltrasjonsevnen kun med fjernmålte data, og vektingsfaktoren er lav. Derfor ble det sett vekk fra denne delfaktoren.



Figur 10: Illustrasjon av tette flater med avrenning til overvannstiltak.

#### T1 Terrengforsenkninger

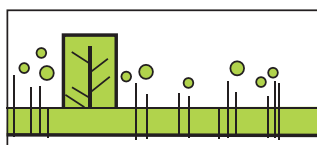
Terrengforsenkninger er en fordypning i terrenget som er mer enn 0,2 m dyp (Figur 11). De er delt i to klasser etter om hovedformålet er infiltrering eller fordrøyning. Infiltrering vil si at vann kan samles for å synke ned i grunnen. Kravet er at vannet skal være borte innen et døgn etter regn. Det er vanskelig å vite infiltrasjonsevnen til terrengforsenkninger kun ved bruk av fjernmålte data, men det gjøres en antagelse i oppgaven om at alle terrengforsenkninger som ligger på områdene klassifisert som gress eller grus har god nok infiltrasjonsevne til at hovedfunksjonen blir infiltrering. Terrengforsenkninger på asfalt blir antatt at er til fordrøyning. Ved infiltrering som hovedfunksjon får terrengforsenkningene verdien 1 og med fordrøyning får de verdien 0,5. (Standard Norge, 2020)



Figur 11: Illustrasjon av terrengforsenkninger. Infiltrering som hovedfunksjon til venstre og fordrøyning som hovedfunksjon til høyre.

#### T2 Plantefelt og eksisterende vegetasjonstyper

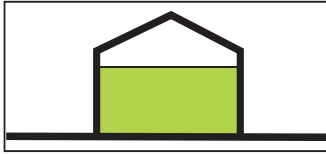
Denne delfaktoren inneholder hekker, busker og stauder og vektes med 0,5 (Figur 12). (Standard Norge, 2020)



Figur 12: Illustrasjon av plantefelt og eksisterende vegetasjonstyper.

### T3 Grønne vegger

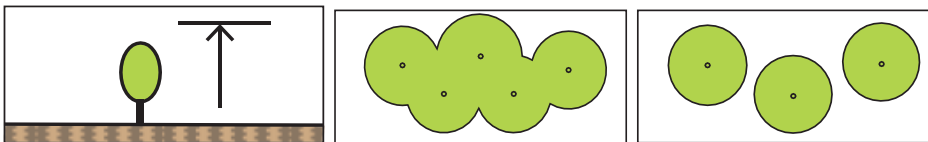
Klatreplanter og lignende som kan vokse langs vegger vektet med 0,4 (Figur 13). De deles inn i «slyng- og klatreplanter» og «plantevegger». (Standard Norge, 2020) Siden det er vanskelig å se vegger ovenfra blir delfaktoren sett bort ifra i denne oppgaven.



Figur 13: Illustrasjon av grønne vegger.

### T4, T5 Trær

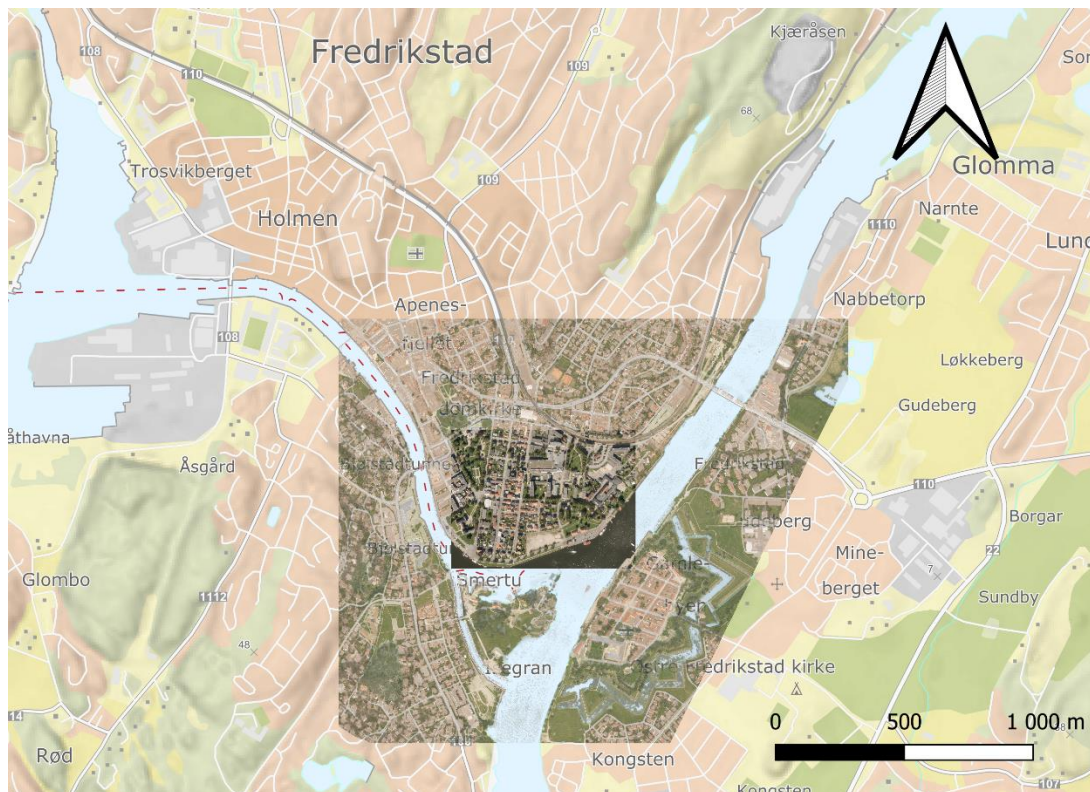
Trær deles egentlig opp i eksisterende og nye trær, men siden denne oppgaven tar utgangspunkt i et eksisterende bymiljø, er nye trær fjernet som delfaktor. Man kan velge om man vil legge inn antall trær og definere de som store eller små etter stammediameter målt i en meters høyde over bakken eller beregne arealet av trekronene der overlappende trekroner bare blir telt som ett areal (Figur 14). I denne oppgaven blir arealet målt siden det er lettest med fjernmålte data. Arealet av trær blir vektet med 1. (Standard Norge, 2020)



Figur 14: Illustrasjon av trær. Til venstre nyplantede trær, beregning av trekronareal i midten og beregning av stammediameter til høyre.

## Kapittel 4: Metode

### 4.1 Område



Figur 15: Visualisering av utvidelsen av området brukt i denne metoden. Det minste området ble brukt av Kailainathan (2019) og det større området blir brukt i denne oppgaven. Bakgrunnskart fra Geonorge.

Området som blir brukt i denne oppgaven er 3,25 km<sup>2</sup> stort (Figur 15).

### 4.2 Materialer

#### 4.2.1 True ortofoto

Kartdataene består av to ortofoto. Terratec har samlet inn et true ortofoto over hele Fredrikstad 16.07.17 som ble flydd for å sammenligne mot hyperspektrale data. Oppløsningen er på 10 cm og det er 4 bånd: R, G, B og NIR. Siden det inneholder et NIR-bånd der frisk vegetasjon reflekterer mye og er flydd midt på sommeren når vegetasjonen er grønn, er det perfekt for å kunne skille ut vegetasjon.

#### 4.2.2 CIR-ortofoto

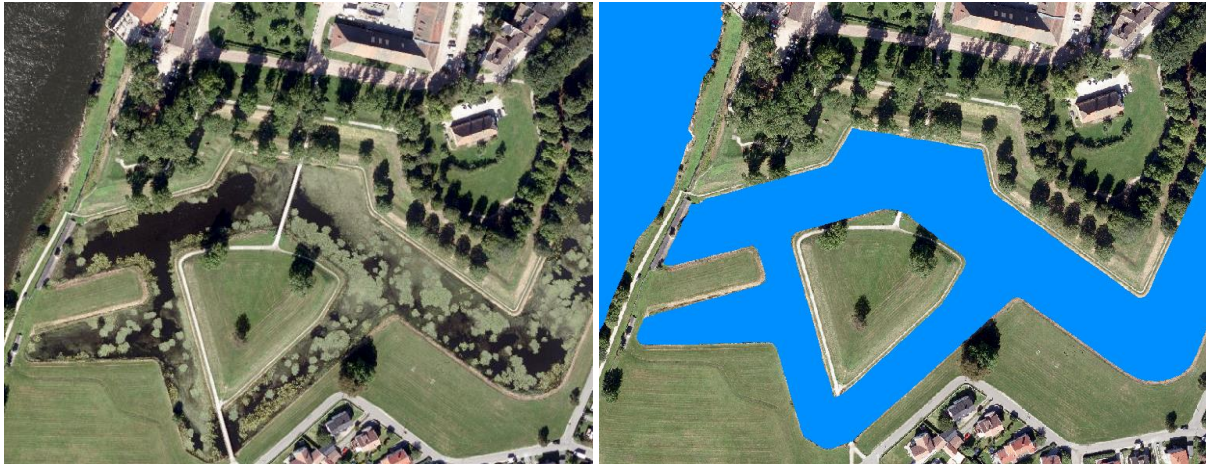
Et nyere CIR-ortofoto ble også brukt. Dette datasettet ble flydd av Terratec, Fredrikstad kommune eier det og det er lastet ned fra Norge Digitalt. Det hadde også oppløsning på 10 cm og var flydd 08.04.2019. Fordelen med dette er at man på våren kan se bakken under trekronene, siden de fortsatt ikke har fått blader. På sommeren er ikke dette synlig.

#### 4.2.3 Laserdata

Laserdataene over Fredrikstad ble lastet ned fra NDH. De er fra 01.12.2015, punkttettheten er 5 og oppløsningen er 0,25. Prosjektet, med navn NDH Østfold 5pkt 2015, ble gjennomført av Terratec på vegne av Kartverket Oslo.

#### 4.2.4 FKB-data

FKB står for felles kartdatabase og er en samling detaljerte kart over Norge. Dataen er på vektorformat og egner seg godt til analyser. (Berg, 2019) Det finnes ulike FKB-datasett som omfatter ulike deler. I denne oppgaven ble FKB-vann og FKB-bygninger brukt. De inneholder omrisset til alle områder med vann og hver bygning. (Geovekst, 2020a; Geovekst, 2020b) Vann- og bygningspolygonene fra FKB ble brukt til å maskere vekk vannet og bygningene ved steder hvor det kan skape grunnlag for feilkilder (Figur 16).



Figur 16: Maskering av vann. Til venstre er et område rundt festningen der det er vanskelig å skille på vann og vegetasjon. Til høyre er samme område der vannet (i blått) blir maskert. Maskeringen gjør i dette tilfellet at vannet blir riktig definert som vann i stedet for å bli definert som vegetasjon.

#### 4.2.5 Områdegrensener for beregning av BGF

Det finnes mange mulige oppdelinger av området som kan brukes når BGF beregnes. Det ble valgt å bruke et rutenett fra SSB og tomtegrenser fra matrikkelen. Siden rutenettet fra SSB hadde forholdsvis store ruter, ble det også skapt et rutenett med mindre ruter med QGIS.

SSB har et eget nasjonalt standard rutenett. Det finnes i ulike størrelser og er brukt til å presentere ulike statistikker i Norge. I denne oppgaven ble rutestørrelsen 250m x 250 m brukt, siden det var de minste rutene. I dette rutenettet er det også tilpasset statistikk som befolkningsstatistikk, boligstatistikk, bygningsmasse og virkssomhetsstatistikk fra ulike år. Det ble valgt å bruke dette rutenettet for at man i framtiden eventuelt skal kunne se disse statistikkene i sammenheng med BGF. (Statistisk Sentralbyrå, 2015)

Matrikkelen er registeret over fast eiendom i Norge. Den inneholder mye ulike info om eiendommene i Norge, blant annet eiendomsgrensener, som blir brukt i denne oppgaven. (Kartverket, 2020)

### 4.3 Metode

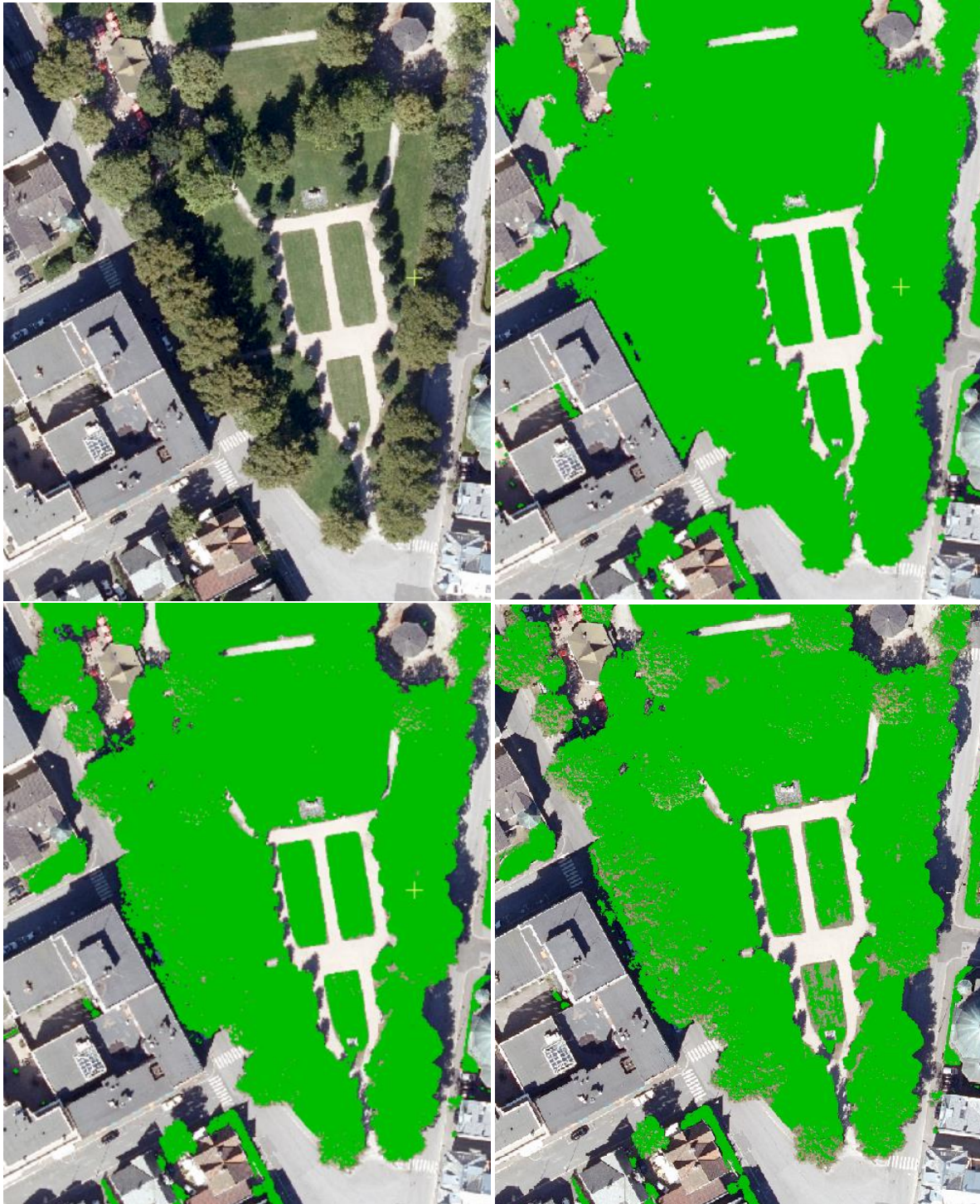
For å finne delfaktorene har Quick Terrain Modeler (QTM), QGIS og PCI Geomatica blitt brukt. QTM ble brukt til å finne DTM og nDSM, QGIS ble brukt mye til vektorhåndtering og PCI Geomatica ble i hovedsak brukt til klassifisering, men og litt vektor og raster-håndtering.

#### 4.3.1 Vegetasjon

Vegetasjonen ble skilt ut fra det true ortofotoet ved vegetasjonsindeksen NDVI. Grensa for hva som ble tatt med ble satt til 0,2. Om grensa blir satt for høyt, hadde mye av vegetasjonen med lav NDVI uteblitt, mens om den blir satt for lav, hadde mye skygger og mørke hustak kommet med i

vegetasjonen. Etter testing med flere ulike grenser, viste det seg at 0,2 var best. I figur 17 øverst til høyre er flere skygger med i vegetasjonen og nederst til høyre er det mye vegetasjon som ikke er med.

Før resultatene ble beregnet ble all vegetasjon på bygningene klippet ut for å unngå at mørke tak ble definert som vegetasjon. Ellers hadde estimeringen av BGF blitt alt for stor siden tak hadde blitt definert som trær, som har høy vektingsfaktor. I tillegg hadde bakken under husene blitt definert som gress.



Figur 17: Effekt av ulike NDVI-grenser. Øverst til venstre er et område med mye vegetasjon. Øverst til høyre er NDVI-grensa satt til 0,1. Nederst til venstre er NDVI-grensa satt til 0,2, Nederst til høyre er NDVI-grensa satt til 0,25.

Vegetasjonen ble så delt inn i grønne overflater på terreng, plantefelt og trær etter høyden i nDSM. Høyden ble funnet fra laserdataen og Quick Terrain Modeler ble brukt til å finne nDSM fra punktskyen. Grønne overflater ble definert som alt lavere enn 0,3 m, plantefelt som alt mellom 0,3 m og 3 m og trær det som var høyere enn 3 m (Figur 18). Dette var grensene Kailainathan (2019) brukte i sin oppgave og vil gjøre det lettere å sammenligne resultatet.

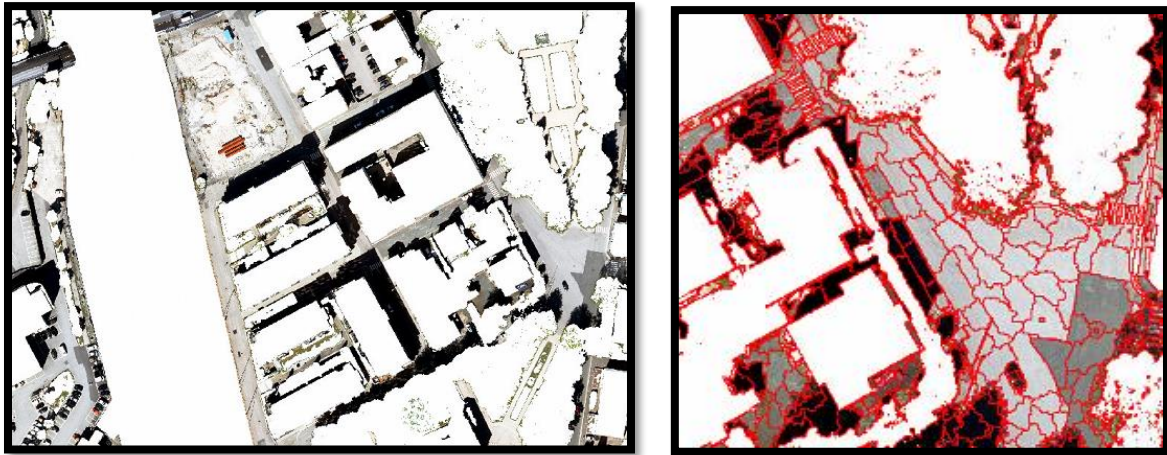


Figur 18: De ulike vegetasjonstypene der oransje er gress, rosa er plantefelt og grønt er trær. Vegetasjonen på hustak ble senere klippet vekk.

I trepolygonene var det mange små polygoner som hadde lite å si for resultatet, men som krevde mye regnekraft. Derfor ble alle polygoner med areal mindre enn  $0,05 \text{ m}^2$  fjernet. Da ble antall polygoner redusert fra 66499 til 40160 polygoner. Om dette skal gjøres på et større område så kan man også fjerne de som er enda litt større uten stor påvirkning på resultatet.

### 4.3.2 Klassifisering

Permeable overflater ble funnet ved klassifisering i PCI Geomatica. Utgangspunktet var ortofotoet fra 2017 med vann, bygninger og vegetasjon maskert (Figur 19 t.v.). Området ble segmentert, altså delt inn i segmenter etter spektralsignaturen, slik at det er lignende spektralsignaturer innenfor et segment (figur 19 t.h.). Standardinnstillingene i «Object Analyst» i PCI Geomatica ble brukt, som var scale 25, shape 0,5 og compactness 0,5. Segmenteringen gjør hvert steg i klassifikasjonen enklere, siden segmentene representerer objektene i bildet bedre enn kun piksler. I tillegg gjør det det mulig å få høyere klassifikasjonsnøyaktighet. (CLARK LABS, 2020)



Figur 19: Til venstre er et utsnitt av utgangspunktet for klassifisering der vegetasjon, vann og bygninger er maskert bort. Til høyre vises et mindre utsnitt av området delt opp i segmenter etter spektralsignaturen.

Neste steg var å beregne gjennomsnittsverdien for hvert bånd i hvert segment (Figur 20). Her er det også mulig å ta med andre statistiske og geometriske variabler på segmentene, men det ble ikke gjort siden det så ut til å gjøre liten forskjell. I tillegg er hensikten med denne metoden at det skal kunne gjøres på store områder uten å kreve enorme mengder datakraft.

ShapeID	Area (sq m)	Perimeter (m)	Mean_B01	Mean_B02	Mean_B03	Mean_B04
0	0.109863	1.6	73.000000	72.545456	76.000000	107.545456
1	0.460449	5	60.739132	53.478260	54.869564	88.434784
2	0.240234	2.6	79.208336	74.333336	74.750000	111.500000
3	0.0200195	0.6	73.500000	66.000000	67.000000	108.000000

Figur 20: Utklipp av attributt Tabellen der gjennomsnittsverdien for hvert bånd er beregnet for hvert segment.




Deretter ble det valgt treningssegmenter og valideringssegmenter i området. For å unngå så mye overtilpasning som mulig, ble det kun valgt treningsdata nord og kun validering sør for elva. (Figur 21). Siden både trening og validering er valgt fra områder som er lette å undersøke, det vil si sannsynligvis lignende områder, er det fare for at overtilpasning fortsatt er et problem.



Figur 21: Visualisering av hvor treningsdataen og valideringsdataen ble valgt på det maskerte bildet. Treningsdata ble valgt fra nord for den røde streken og valideringsdataen ble valgt fra området sør for den røde streken.

I den styrte klassifisering ble radial-based kernel i SVM valgt over lineær og polynomial, fordi dataen ikke nødvendigvis er lineært skillbar (Stecanella, 2017). I tillegg skrev PCI Geomatics (2019) at den typisk gir det beste resultatet.

Målet med klassifiseringen var å finne delfaktoren «Permeable dekker». Utgangspunktet for klassifikasjonen var rasteret uten bygninger, vann og vegetasjon med NDVI over 0,2. Det ble klassifisert i tre klasser: skygger, grus og asfalt og det ble brukt 100 valideringssegmenter til hver klasse (Figur 22). Figur 23 viser et utklipp av resultatet.

Class Name	Color	Training Count	Accuracy Count
Asfalt		100	100
Skygger		104	100
Grus		181	100

Figur 22: Antall trenings- og valideringssegmenter i de tre klassene.





Figur 23: Utklipp av klassifiseringsresultatet til venstre og ortofoto over samme område til høyre. Parkeringsplassen ble asfalt og grusbannen ved siden av ble grus.

Vegetasjonen med lav NDVI kom, som nevnt tidligere i kapittelet, ikke med i det som er definert som vegetasjon. Det kom derimot med i grus-klassen sammen med vegoppmerking, fjellområder og røde biler. I tillegg kom det med deler av hustak som ikke ble fullstendig klippet bort av FKB-dataen. Det ble dermed gjort en ny klassifisering på bare grusområdet. Figur 24 viser at røde biler ble klassifisert som grus.



Figur 24: Til venstre: et utklipp av utgangspunktdataen. Til høyre: samme utklipp av det som ble klassifisert som grus. Her kan man se at både en rød bil og litt vegetasjon i høyre hjørne er med.

Klassene som ble brukt var grus, naturstein/fjell, gress, vegoppmerking og røde biler. Det ble valgt 50 valideringssegmenter til alle områdene unntatt fjell, siden det var vanskelig å finne nok fjellsegmenter. (Figur 25) Figur 26 viser et utklipp av resultatet.

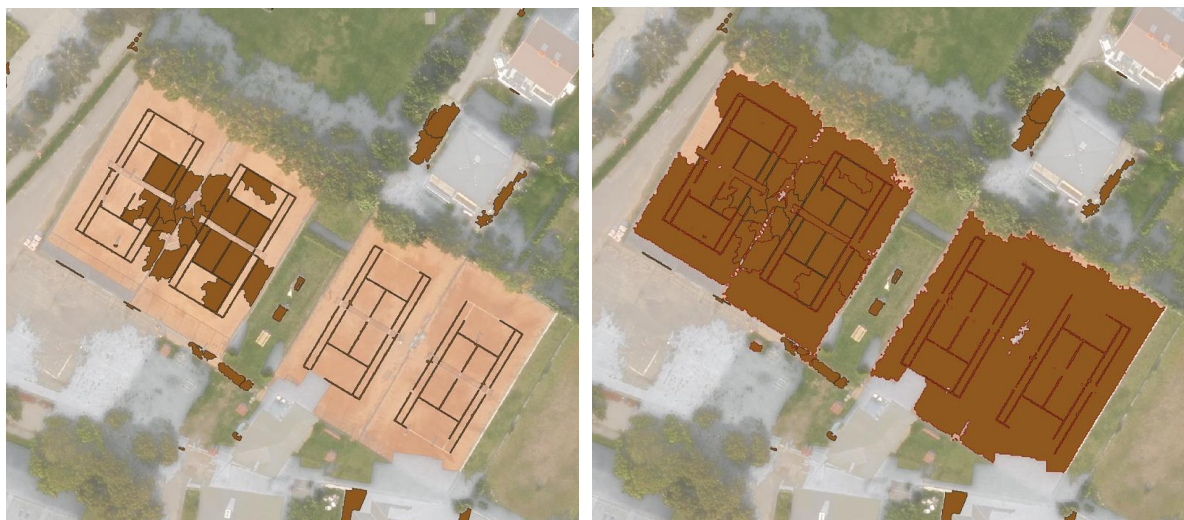
Class Name	Color	Training Count	Accuracy Count
Gress	<span style="color: green;">■</span>	58	50
Grus	<span style="color: orange;">■</span>	39	50
Vegmarkering	<span style="color: blue;">■</span>	44	50
Hustak og biler	<span style="color: red;">■</span>	20	50
Fjell	<span style="color: grey;">■</span>	12	34

Figur 25: Antall trenings og valideringssegmenter til klassifikasjonen av grus.



Figur 26: Utklipp av klassifiseringsresultatet til venstre. Ortofoto over samme område til høyre. Det er vegoppmerking nederst til venstre, grus i oppkjørselen til huset og det gresset med lav NDVI har nå blitt klassifisert rett.

I klassen «Hustak og biler» kom det med litt rød grus, blant annet fra tennisbanene. For å få grusen inn i delfaktoren «permeabelt dekke» ble det skilt ut på høydeverdiene fra nDSM ved at «Hustak og biler» som var lavere enn 0,3 meter over bakken ble grus. Figur 27 viser delen av grus på tennisbanene som ble definert som grus før og etter endringen.



Figur 27: Til venstre er tennisbanene med det som ble grus i klassifiseringa markert. Til høyre er det som ble grus etter det laveste i klassen "Hustak og biler" ble redefinert som grus.

#### 4.3.3 Dekke under trekronene

For å finne ut hva som befant seg under trekronene, ble først områdene som ble definert som trær brukt til å klippe CIR-ortofotoet. Det var tatt før bladene kom på trærne og kan dermed brukes til å finne ut hvordan bakken ser ut under trekronene.

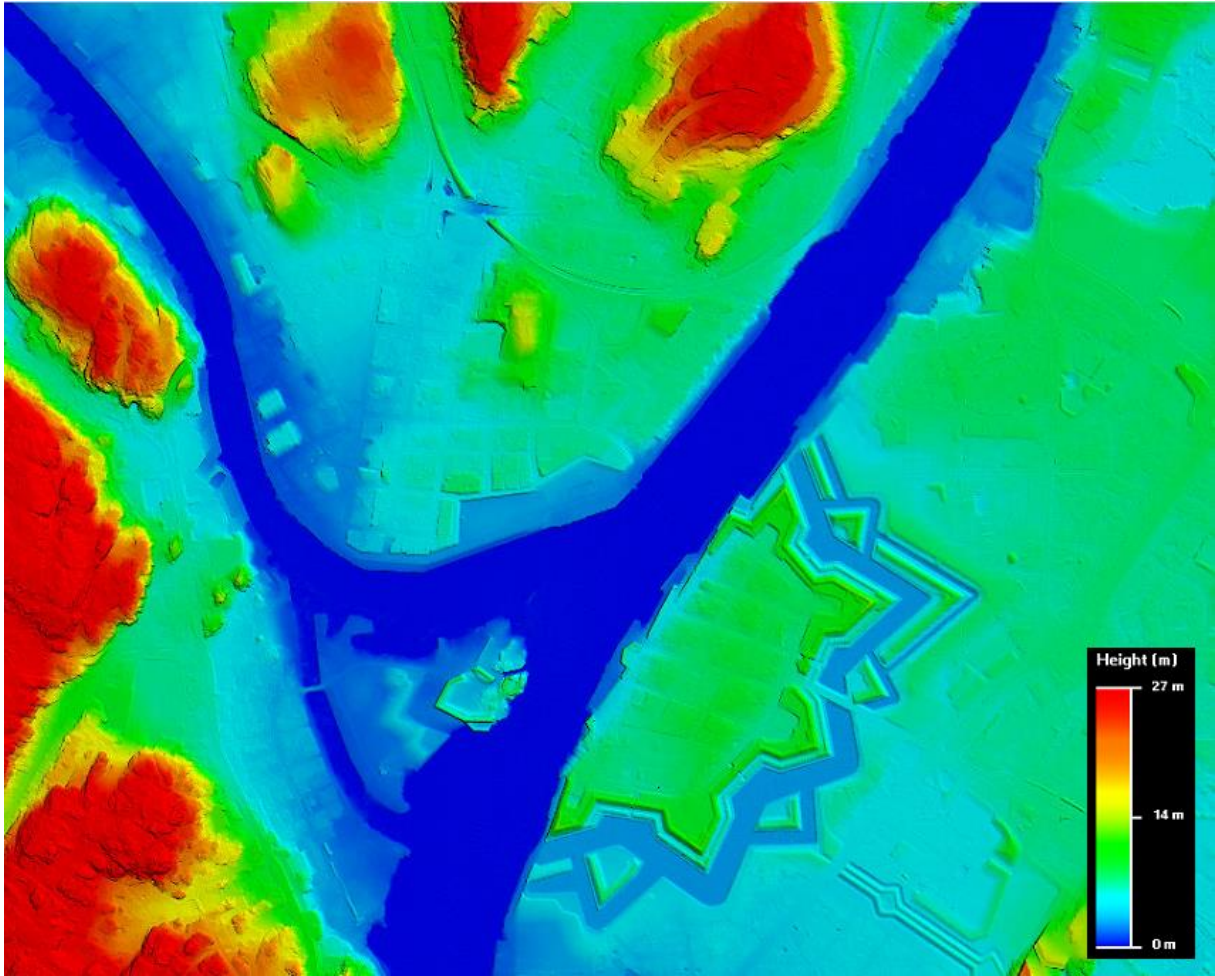
Etter å ha prøvd ulike NDVI-verdier og klassifiseringer for å skille ut gress, ble det funnet ut at en NDVI-grense på  $-0,05$  ga best resultat (Figur 28). Det antas at det som ikke er gress er asfalt, siden det er mer asfalt enn grus.



Figur 28: Til venstre er trekrone klippet ut fra CIR-bildet slik at man kan se hva som er under trekrone. Til høyre er et utklipp av resultatet med NDVI-grensa på  $-0,05$ . Det grønne er det som blir definert som gress med ortofotoet fra sommeren i bakgrunnen.

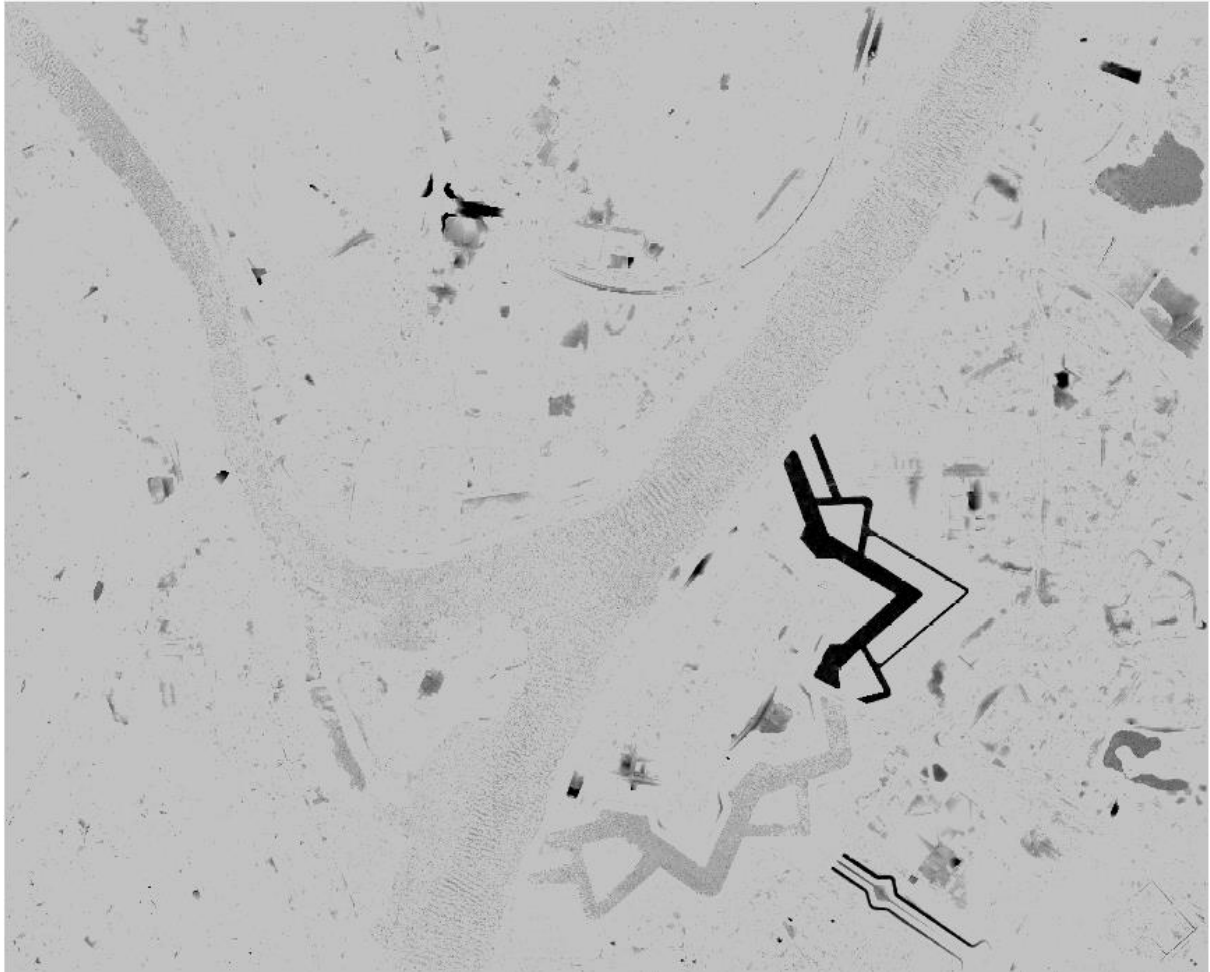
#### 4.3.4 Terrengeforsknings

Terrengeforsknings ble funnet fra laserdataen. For å finne en DTM ble punktskyen klassifisert i QTM. Klasse 2, som er punktene som har blitt klassifisert som terreng, ble trukket ut og lagret som «gridded surface» med «MIN Z» som algoritme. Figur 29 viser resultatet.



Figur 29: DTM.

DTMen ble fylt ved å bruke r.dfill i QGIS og det ble gjort en differanse mellom den originale og den fylte DTMen (Figur 30). Under bygningene ble det også noen terrengforsenkninger på grunn av hull i terrengmodellen, men siden de ikke er på asfalt, gress eller grus så ble de ikke med videre. Figur 31 viser vegetasjon i vollgravene som er grunnen til at terrengforsenkningene er ulike rundt festningen.



Figur 30: Differanse mellom original DTM og fylt DTM. Her kan man tydelig se at rensingen av vannet rundt festningen er i gang ved at den siden som er rensset ikke lenger har masse vegetasjon i seg og nå blir regnet som en dyp forsenkning.



Figur 31: Utklipp fra Street view i Google Maps som viser vegetasjonen i vannet rundt halve festningen. Denne vegetasjonen gjør at vannet ikke blir definert som forsenkning i like stor grad som andre siden.

Terrengeforsenkningene som var dypere enn 0,2 meter ble funnet i Geomatica med EXPOLRAS. Deretter ble det funnet ut av om hovedfunksjonen til terrengeforsenkningene var fordrøyning eller infiltrering ved å sjekke underlaget. Terrengeforsenkningene som overlappet med delfaktorene «permable dekker» eller «grønne overflater på terreng» ble definert som å ha hovedfunksjon som infiltrering, mens overlapping med det som ble klassifisert som asfalt ble definert til å ha fordrøyning som hovedfunksjon (Figur 32).



Figur 32: Terrengeforsenkning med fordrøyning som hovedfunksjon til venstre og med infiltrasjon som hovedfunksjon i midten og til høyre. Til venstre er den på en parkeringsplass av asfalt, i midten på en grusparkeringsplass og til høyre på gress.

#### 4.3.5 Beregning av BGF

For permeable flater er resultatet grus fra den siste klassifiseringa og den lave delen av «Hustak og biler»-klassen. For gress inkluderer resultatet gress fra NDVI og nDSM-verdi, en klasse i klassifiseringsresultatet av grus og gresset under trekronearealet funnet ved NDVI. I tillegg antas det at det er gress under alle plantefelt. Trær og plantefelt er kun funnet fra NDVI og nDSM-verdi, vannspeil er funnet fra FKB-data og terrengeforsenkninger er funnet fra DSM. Vannpolygonene fra FKB ble definert som delfaktoren vannspeil og vassdrag.

Resultatene fra hver delfaktor ble tatt inn som vektorpolygoner i QGIS. Det ble laget et script i Python Console for å kunne beregne BGF på området med flere mulige oppdelinger (Figur 33-38). Det ble valgt å beregne BGF etter SSBs rutenett, et rutenett laget i QGIS og etter tomtene i matrikkeldataen, som er begrunnet under delkapittel 4.2.5.

```

1 import os
2 import processing
3 from PyQt5.QtCore import *
4 from PyQt5.QtGui import *
5 orgfolder='F:\\AGLutsnitt\\Resultatsvektorer\\'
6 matrikkeldata='F:\\AGLutsnitt\\SCRIPT\\splittet_matrikkel\\'
7 resfolder='F:\\AGLutsnitt\\SCRIPT\\res_m\\'
8 navn=['busker', 'forsenkning_asfalt', 'forsenkning_permable', 'gress', 'grus', 'tre', 'vann']
9
10 #For å kunne bruke funksjoner i andre script:
11 import sys
12 sys.path.append(r'F:\\AGLutsnitt\\SCRIPT\\') #path til scripta
13 from funksjoner import shpListe, splittVektorlag, klippDelfaktorer, sorterStigende
14
15 #Splitter matrikkeldaten/rutenettet slik at hvert polygon er i en egen fil:
16 matrikkel_vektorfil='F:\\AGLutsnitt\\SCRIPT\\eiendommer.shp'
17 folder_res='F:\\AGLutsnitt\\SCRIPT\\splittet_matrikkel\\' #Output directory
18 splittVektorlag(matrikkel_vektorfil, folder_res)
19
20 #Lager en liste over filer i mappa som ender på .shp:
21 shp=shpListe(matrikkeldata)
22
23 #klipper resultatvektorene til tomtepolygonene
24 -klippDelfaktorer(shp, orgfolder, matrikkeldata, resfolder, navn)

```

Figur 33: Klargjøring for beregning av BGF i Python Console.

```

27 - def splittVektorlag(matrikkeldata, folder_til_resultat):
28     import processing
29     from osgeo import ogr
30     fn = matrikkeldata
31     driver = ogr.GetDriverByName('ESRI Shapefile')
32     dataSource = driver.Open(fn)
33     layer = dataSource.GetLayer()
34     sr = layer.GetSpatialRef() #Spatial Reference
35
36     dst = folder_til_resultat
37     new_feat = ogr.Feature(layer.GetLayerDefn()) #Dummy feature
38
39     for id, feat in enumerate(layer):
40         new_ds = driver.CreateDataSource(r"{} \feat_{}.shp".format(dst, id))
41         new_lyr = new_ds.CreateLayer('feat_{}'.format(id), sr, ogr.wkbPolygon)
42         geom = feat.geometry().Clone()
43         new_feat.SetGeometry(geom)
44         new_lyr.CreateFeature(new_feat)
45
46         del new_ds, new_lyr

```

Figur 34: Polygonene i matrikkelen/rutenettet deles opp så det blir en fil per polygon ved å bruke funksjonen splittVektorlag. (Kilde: <https://gis.stackexchange.com/questions/273990/split-vector-layer-in-pyqgis>)

```

8 #liste av kun .shp-filene (fra den oppdelte matrikkeldataen/rutenettdataen)
9 - def shpListe(matrikkel):
10     listFilterShapes = []
11     for item in os.listdir(matrikkel):
12     -     if item[-3:] == '.shp':
13         listFilterShapes.append(item)
14     return listFilterShapes

```

Figur 35: For å lage liste med shp-filene ble funksjonen shpListe brukt. (Kilde: <https://www.hatarilabs.com/ih-en/clip-multiple-layers-in-qgis-with-pyqgis-tutorial>)

```

17 #klipper resultatvektorene til tomtene/rutenettet
18 - def klippDelfaktorer(shpliste, orgfolder, matrikkeldata, resfolder, navn):
19 -     for tomt in shpliste:
20 -         for n in navn:
21 -             inp = orgfolder + n + '.shp'
22 -             ove = matrikkeldata + tomt
23 -             out = resfolder + n + tomt
24 -             processing.run("qgis:clip", {'INPUT':inp, 'OVERLAY':ove, 'OUTPUT':out})

```

Figur 36: Polygonene av delfaktorene klippes til hvert rutenett/tomte-polygon.

```

30 sortert_stigende = sorterStigende(shp)
31 bgfaktorer = []
32 - for utsnitt in sortert_stigende:
33     #arealberegninger av delfaktorer
34     arealer = []
35     - for type in navn:
36         folder = resfolder + type + utsnitt
37         vlayer = QgsVectorLayer(folder, '', 'ogr')
38         aeratot = 0
39     - for elem in vlayer.getFeatures():
40         geom = elem.geometry()
41         aeratot += geom.area()
42         arealer.append(aeratot)
43
44     #arealberegning av tomt/område
45     tomtlayer = QgsVectorLayer(matrikkeldata + utsnitt, '', 'ogr')
46     feat_t1 = tomtlayer.getFeature(0)
47     geom = feat_t1.geometry()
48     tomtaera = geom.area()
49     #beregning av bgf
50     bgf = ((arealer[0]*0.5+arealer[1]*0.5+arealer[2]*1+arealer[3]*1+
51     arealer[4]*0.3+arealer[5]*1+arealer[6]*2)/tomtaera)
52     #lagring av BGF
53     bgfaktorer.append(bgf)
54
55     #Legge til BGF som attributt
56     vlayer = QgsVectorLayer(matrikkel_vektorfil, '', 'ogr')
57     layer_provider = vlayer.dataProvider()
58     layer_provider.addAttributes([QgsField('BGF', QVariant.Double)])
59     vlayer.updateFields()
60
61     vlayer.startEditing()
62     - for f in vlayer.getFeatures():
63         id = f.id()
64         BGF = bgfaktorer[id]
65     - if BGF == 0:
66         print('tomt', id, 'blir 0')
67         f['BGF'] = BGF
68         vlayer.updateFeature(f)
69     vlayer.commitChanges()

```

Figur 37: Beregning av BGF



Når polygoner deles opp på denne måten, beholdes de gamle attributtverdiene, blant annet areal. Dette førte til at arealene til polygonene ble for store og BGF ble feil. Det ekte arealet ble funnet på linje 45-48. Kilde på å legge til ny geometri:

<https://gis.stackexchange.com/questions/76193/compute-vector-layer-area-with-python-in-qgis>

Til slutt ble blågrønn faktor funnet ved å multiplisere alle delfaktorene med vektningen og så dele på områdets totale areal. Dette ble lagret i en liste etter stigende rekkefølge. Deretter ble det laget en ny attributt til matrikkel/rutenettet som ble kalt BGF, og BGF-verdien ble lagt til som verdi. Kilde for å legge til attributt: <https://www.geodose.com/2018/09/qgis-python-tutorial-add-field-attribute.html>

```
49 #sortere denne lista på stigende tall, ikke alfabetisk
50 - def sorterStigende(alfabetisk):
51     indexlist=[] #liste med alle indexene som finnes i shp-filene
52 -     for i in range(len(alfabetisk)):
53         ..... indexlist.append(int(alfabetisk[i][5:-4]))
54     indexlist.sort() #denne lista er av tall så kan sorteres
55
56     #legger til stringene fra filnavnene på indexen
57     sortedList=[]
58 -     for i in range(len(indexlist)):
59         ..... sortedList.append('feat_'+str(i)+'.shp')
60     return sortedList
61
```

Figur 38: Et annet problem som oppsto var at listene av shp-filer ble iterert gjennom alfabetisk når funksjonen krevde at lista ble iterert i stigende rekkefølge. Derfor ble denne funksjonen laget.

## Kapittel 5: Resultater

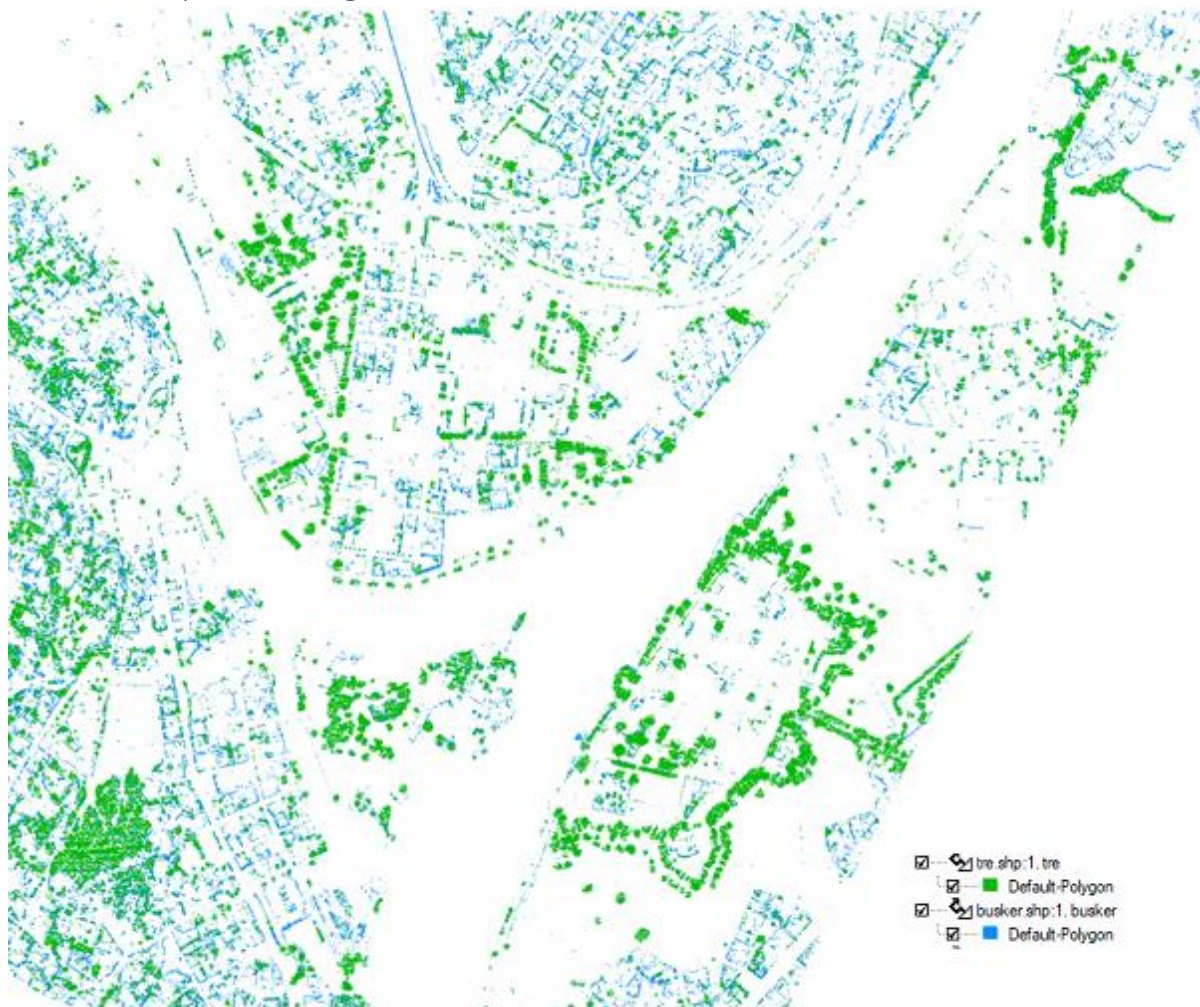
### 5.1 Oversikt over resultatvektorer

Figur 39 viser en oversikt over resultatvektorene. Figur 40, 47, 48 og 49 viser delfaktorene i kartet.

Figur 39: Tabell over resultatvektorene.

<b>Delfaktor</b>	<b>Lag</b>	<b>Vektingsfaktor</b>
<b>Eksisterende trær</b>	Polygoner av trærne fra NDVI og NDSM der de minste polygonene er fjernet.	1
<b>Plantefelt</b>	Polygoner av busker fra NDVI og NDSM.	0,5
<b>Grønne overflater på terreng</b>	Polygoner av gress og busker fra NDVI og NDSM, gress under trekronene og gress fra klassifikasjonen av grus.	1
<b>Permeable overflater</b>	Det som ble klassifisert som grus etter andre klassifikasjon og det som ble definert som grus fra klassen «Hustak og biler» ved NDSM.	0,3
<b>Permanente vannspeil og åpne vassdrag</b>	Polygoner av vann fra FKB-data.	2
<b>Terrengforsenkninger infiltrasjon</b>	Terrengforsenkninger på grus eller gress.	1
<b>Terrengforsenkninger fordrøying</b>	Terrengforsenkninger på asfalt.	0,5

## 5.2 Resultat plantefelt og trær



Figur 40: Plantefelt og trær funnet ved NDVI og nDSM.

## 5.3 Resultat klassifisering

Forvirringsmatrisene viser hvor mange valideringssegmenter som er klassifisert riktig og feil og hva de eventuelt er feilklassifisert som (Figur 41, 44). Klassifiseringsresultatene har begge høy nøyaktighet, på 96,0 og 95,7% (Figur 42, 45). Det er sannsynligvis noe overtilpasning som gjør at nøyaktigheten blir litt høyere enn det egentlig er. Kappa-koeffisienten er på 0,940 og 0,946, som tyder på at observert nøyaktighet samsvarer godt med forventet nøyaktighet. Figur 43 og 46 viser resultatet av klassifiseringene.

### 5.3.1 Klassifisering av skygger, asfalt og grus

Error (Confusion) Matrix				
Classified Data	Reference Data			Totals
	Grus	Skygger	Asfalt	
Grus	98	2	7	107
Skygger	1	97	0	98
Asfalt	1	1	93	95
Unknown	0	0	0	0
Totals	100	100	100	

Figur 41: Forvirringsmatrise for klassifikasjon av grus, skygger og asfalt.

Accuracy Statistics					
Overall Accuracy		: 96.000%	95% Confidence Interval ( 93.616%		98.384%)
Overall Kappa Statistic:		0.940			
Class Name	Producer's Accuracy	95% Confidence Interval	User's Accuracy	95% Confidence Interval	Kappa Statistic
Grus	98.000%	( 94.756% 100.000%)	91.589%	( 85.862% 97.315%)	0.8738
Skygger	97.000%	( 93.156% 100.000%)	98.980%	( 96.480% 100.000%)	0.9847
Åsfalt	93.000%	( 87.499% 98.501%)	97.895%	( 94.482% 100.000%)	0.9684
Quantity Disagreement:		2.333%	Allocation Disagreement:		1.667%

Figur 42: Klassifiseringsnøyaktighet for klassifikasjon 1



Figur 43: Klassifiseringsresultat for asfalt, grus og skygger.

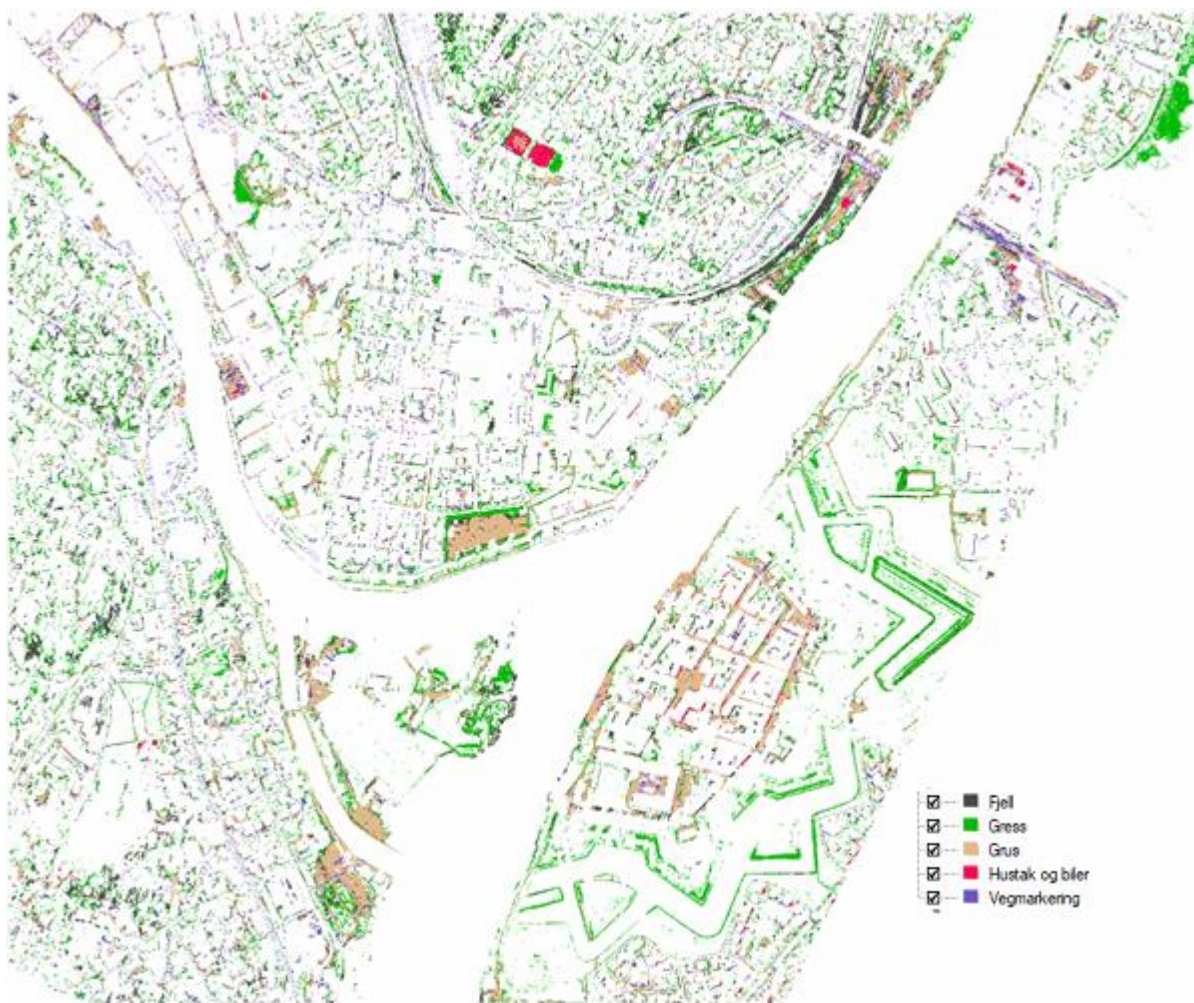
### 5.3.2 Klassifisering av grus, fjell, biler, gress og vegmarkering

Error (Confusion) Matrix						
Classified Data	Reference Data					Totals
	Grus	Hustak og biler	Fjell	Vegmarkering	Gress	
Grus	48	0	1	3	0	52
Hustak og biler	0	48	0	0	0	48
Fjell	0	1	31	0	0	32
Vegmarkering	2	0	0	47	0	49
Gress	0	1	2	0	50	53
Unknown	0	0	0	0	0	0
Totals	50	50	34	50	50	

Figur 44: Forvirringsmatrise for klassifikasjon av grus, biler, fjell, vegmarkering og gress.

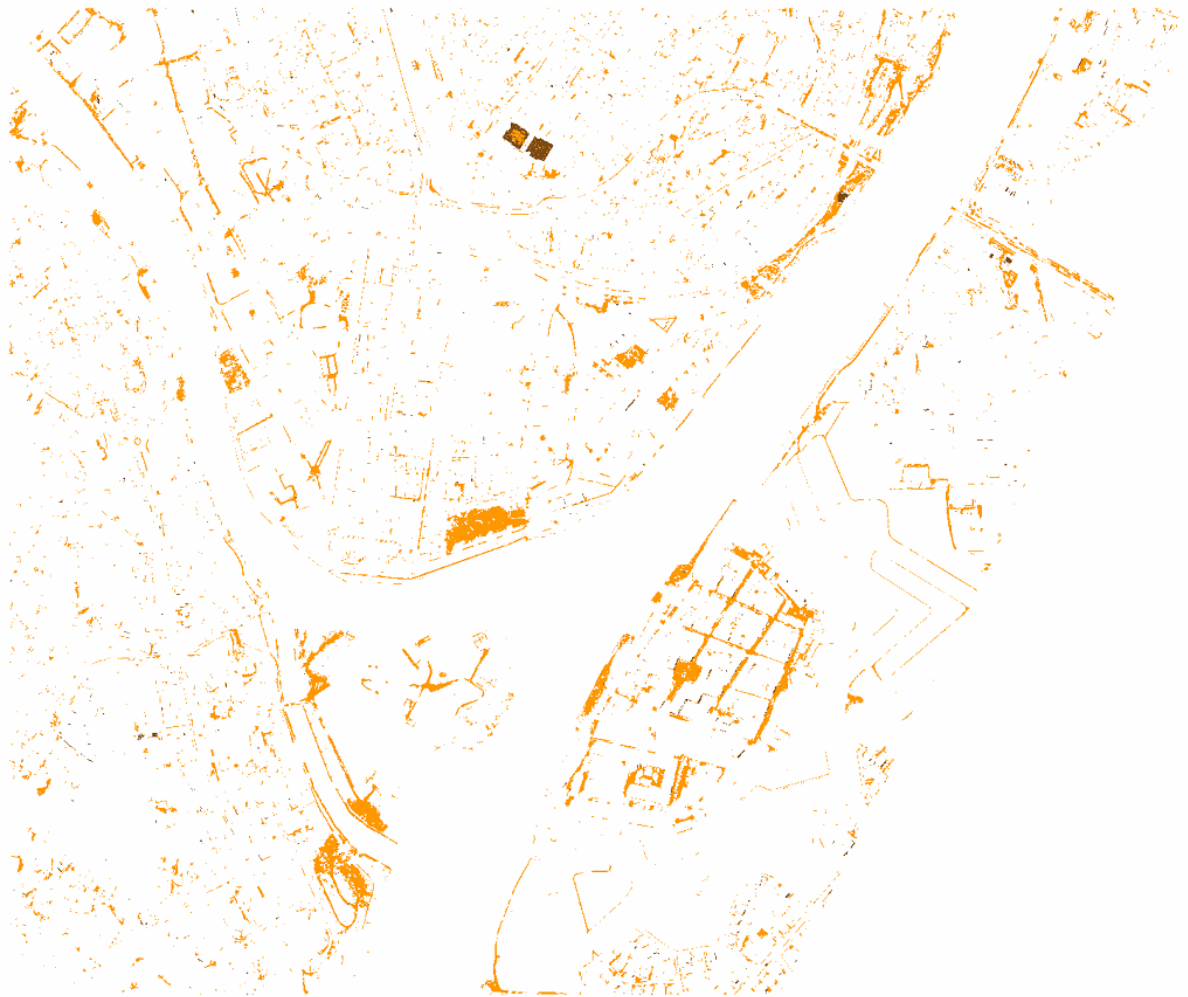
Accuracy Statistics						
Class Name	Producer's Accuracy	95% Confidence Interval	User's Accuracy	95% Confidence Interval	Kappa Statistic	
Grus	96.000%	( 89.568% 100.000%)	92.308%	( 84.103% 100.000%)	0.9022	
Hustak og biler	96.000%	( 89.568% 100.000%)	100.000%	( 98.958% 100.000%)	1.0000	
Fjell	91.176%	( 80.172% 100.000%)	96.875%	( 89.284% 100.000%)	0.9634	
Vegmarkering	94.000%	( 86.417% 100.000%)	95.918%	( 89.358% 100.000%)	0.9481	
Gress	100.000%	( 99.000% 100.000%)	94.340%	( 87.175% 100.000%)	0.9280	
Quantity Disagreement: 2.137% Allocation Disagreement: 2.137%						

Figur 45: Klassifiseringsnøyaktighet for klassifikasjon av grusklasifiseringsresultatet



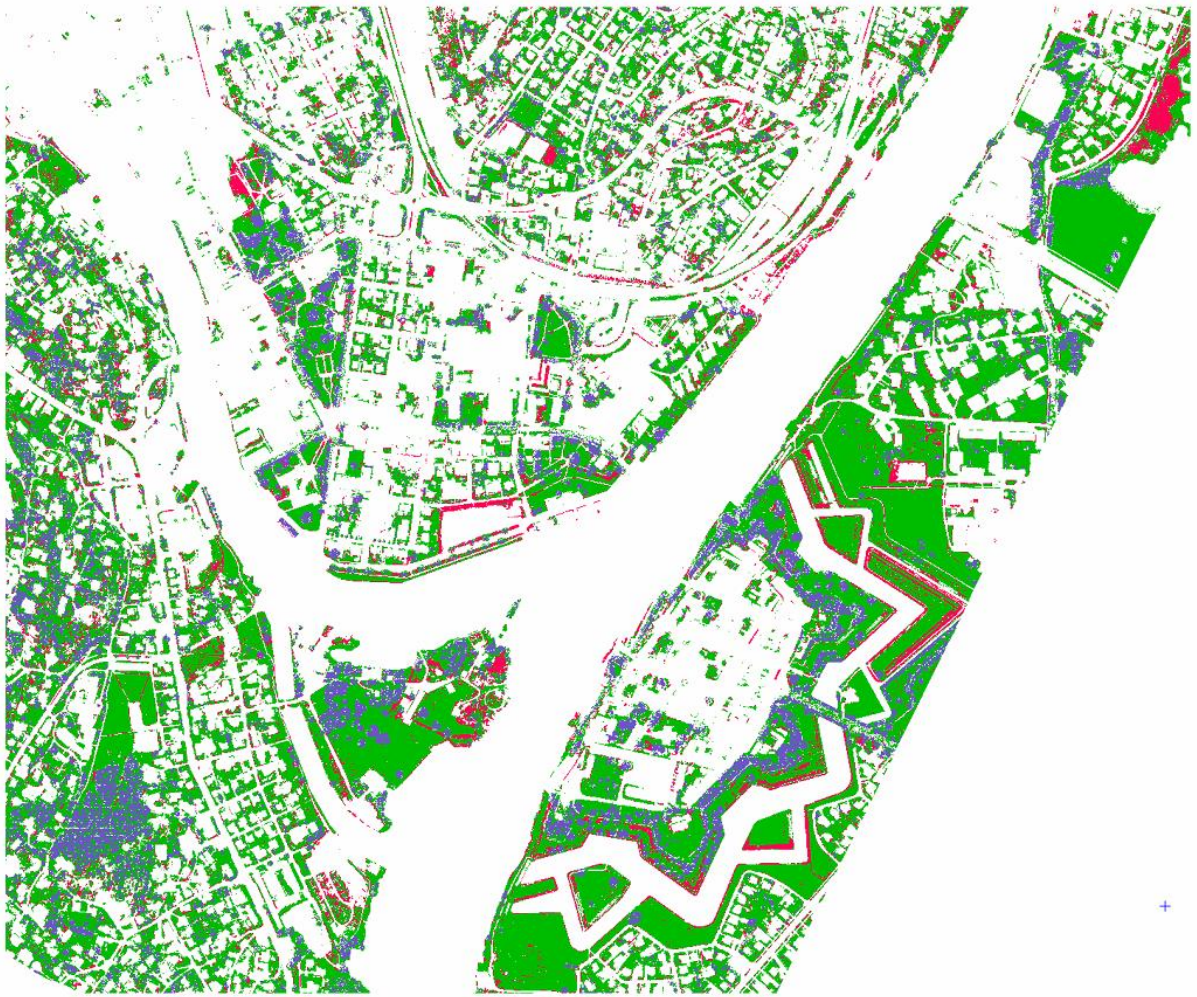
Figur 46: Klassifiseringsresultat for reklassifiseringen av grus.

## 5.4 Resultat permeable dekker



*Figur 47: Resultat permeable dekker. De oransje områdene er det som ble klassifisert som grus i den andre klassifikasjonen, mens det brune er det som ble klassifisert som "Hustak og biler" og var lavere enn 0,3 m. Dette var i hovedsak tennisbanene.*

## 5.5 Resultat gress



Figur 48: Resultat gress. De rosa områdene er det som ble klassifisert som gress fra grusklassifikasjonen og de lilla er gress under trær. Det grønne er vegetasjon som er lavere enn 0,3 m, som ble definert som gress med en gang og vegetasjon mellom 0,3 og 3 m. Vegetasjon mellom 0,3 og 3 m ble definert som plantefelt, men vektorene blir også tatt med her siden det antas å være gress under buskene.



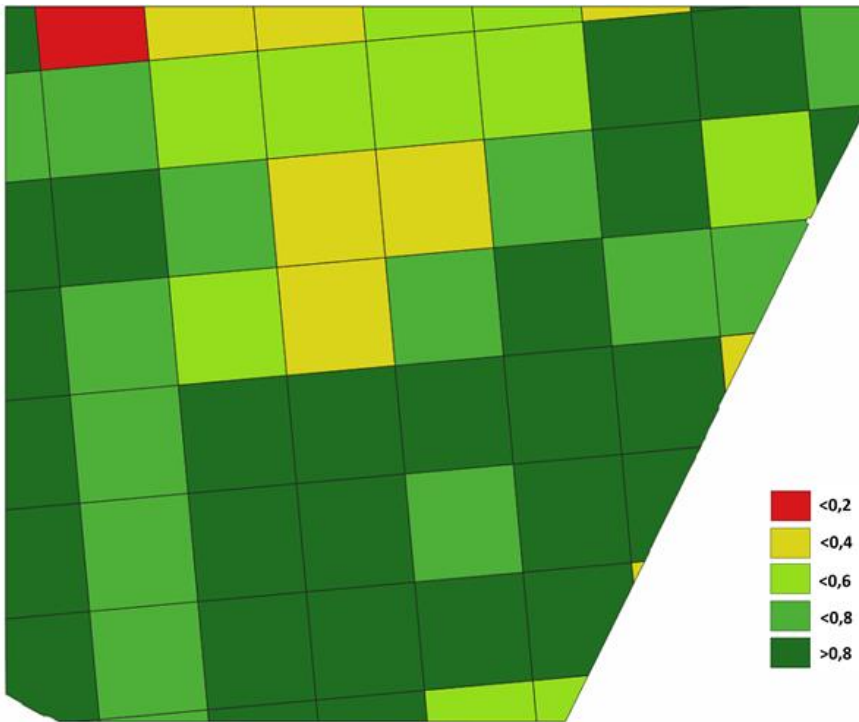
## 5.6 Resultat vannspeil og terrengforsenkninger



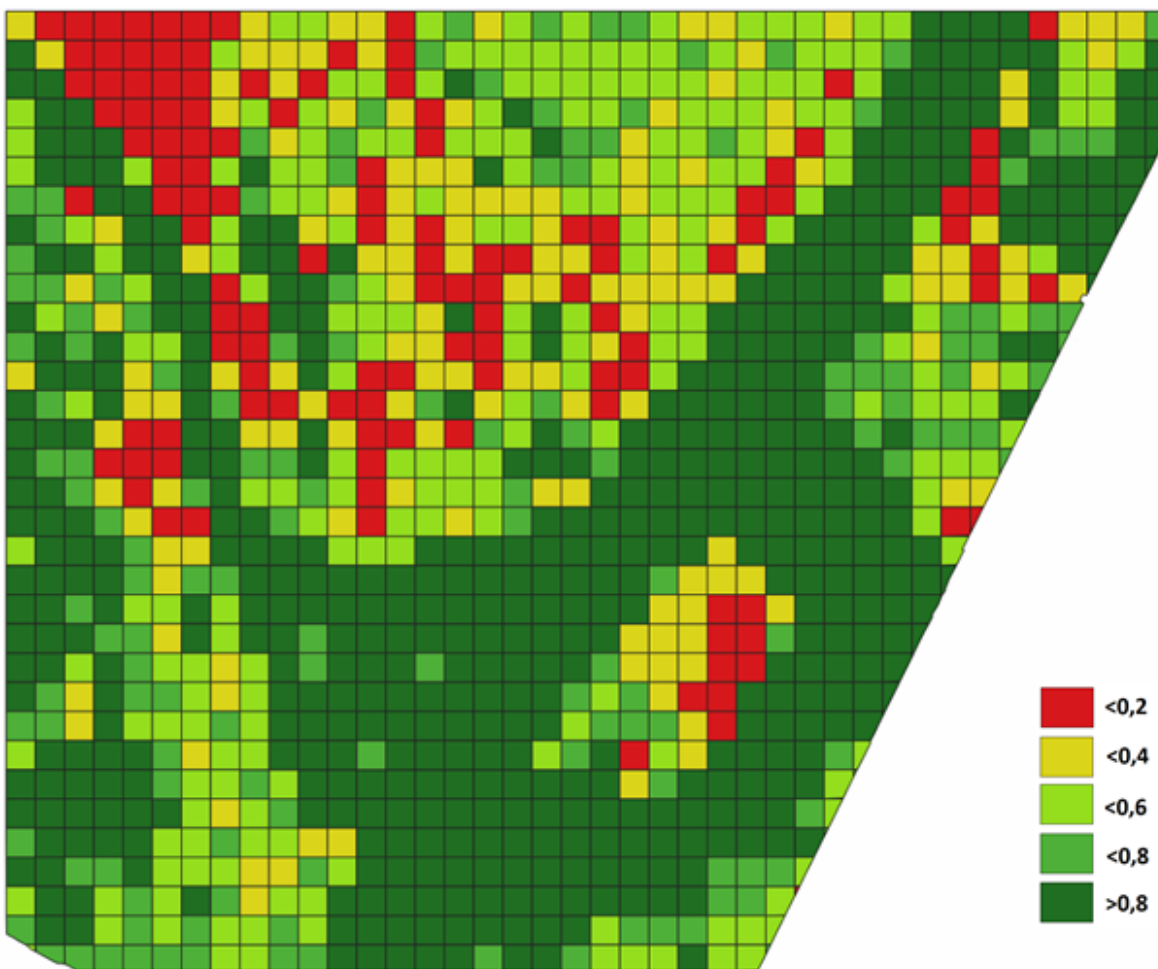
Figur 49: Resultat av vannspeil (blått) og terrengforsenkninger(rosa).

## 5.7 BGF Resultat

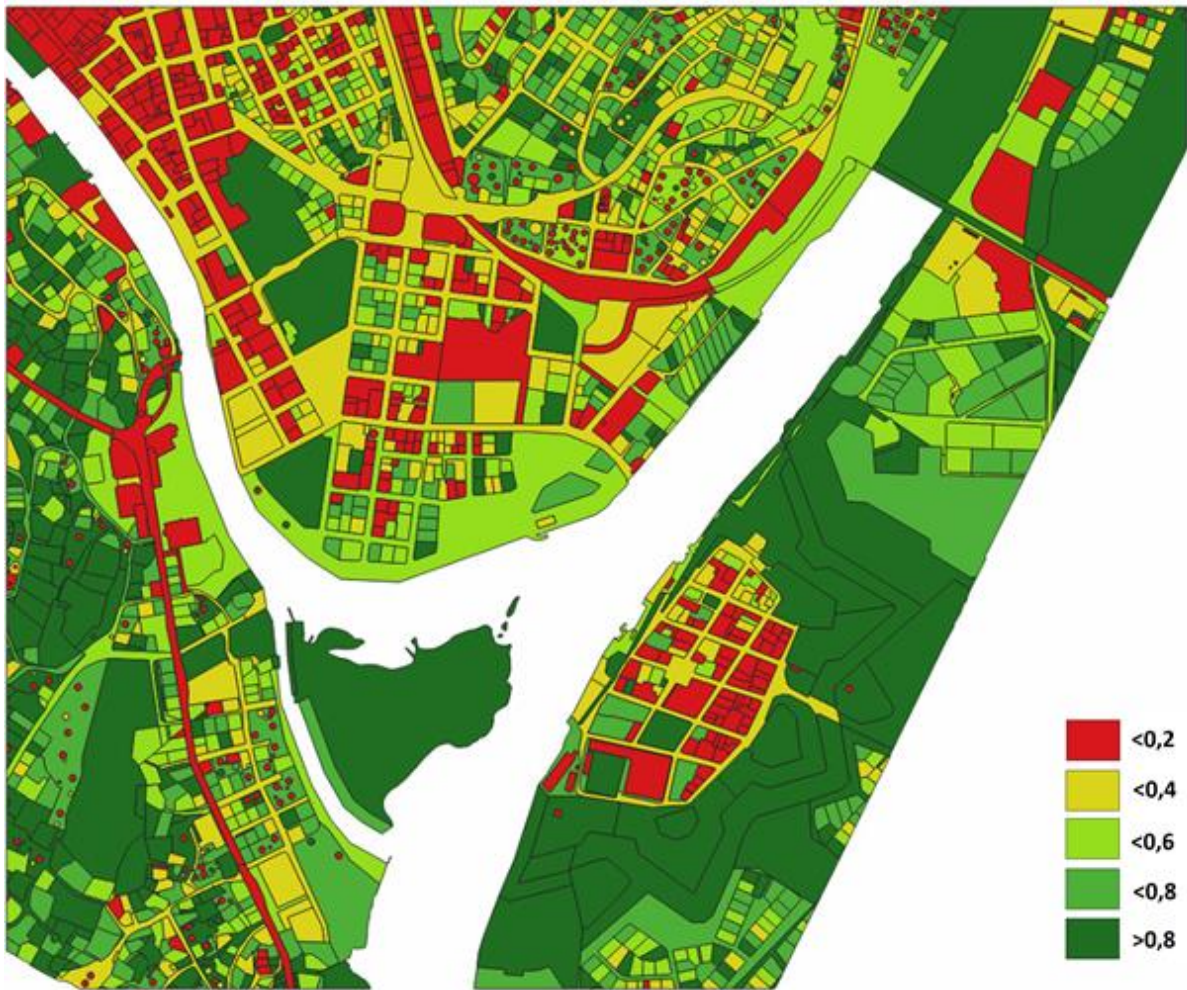
Figur 50, 51, 52 og 54 viser BGF beregnet med metoden beskrevet i denne oppgaven. Figur 53 viser BGF beregnet av Kailainathan (2019) til sammenligning.



Figur 50: BGF i rutenett fra SSB.



Figur 51: BGF i rutenett laget i QGIS. Man kan tydelig se at elva har fått en høy BGF siden delfaktoren permanente vannspeil og åpne vassdrag har vektingsfaktor 2.



Figur 52: BGF for tomtene i området. Tomtene er fra matrikkelen.



Figur 53: Kailainathan (2019) resultat av BGF



Figur 54: BGF resultat på utvalgte tomter. Av tomtene som bare delvis er med, er det bare den delen som er med som er grunnlaget for beregningen. Dermed kan de se annerledes ut her enn på det store utklippet.

## 5.8 Validering av tomter

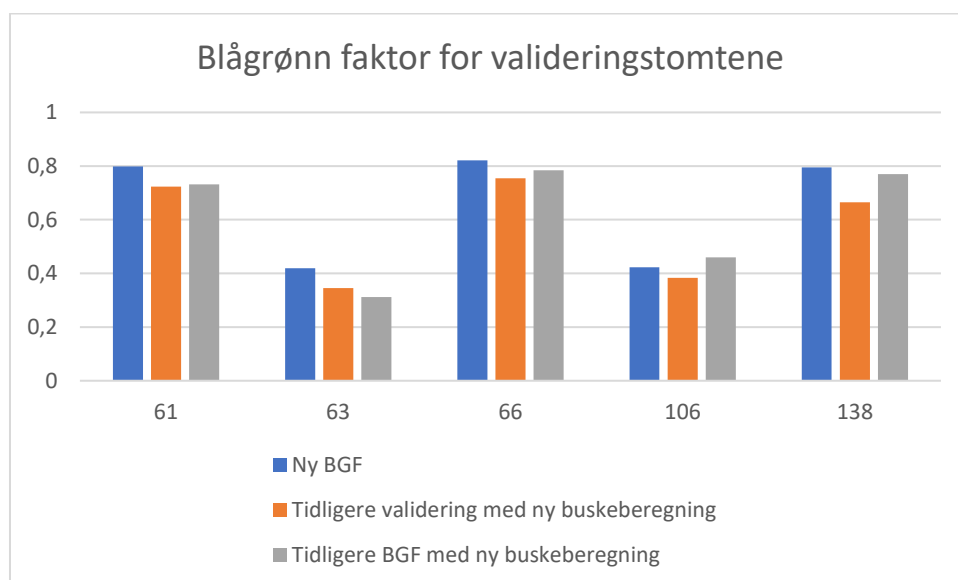
Resultatene fra metoden beskrevet i denne oppgaven gir generelt høyere BGF enn både den tidligere metoden og valideringen. Den største forandringen som gir høyere BGF er hvordan busker/plantefelt er beregnet. I denne metoden ble det lagt gress under buskene, siden busker er en tilleggsfaktor, som vil si at det i tillegg kan være dekke under. Dekke under ble i denne metoden definert som kun gress, slik at områder som før bare var busker nå er definert som både busker/plantefelt og gress. I tillegg har vektingen for busker økt fra 0,4 til 0,5 i den nye standarden.

På grunn av store forandringer ble tidligere metode modifisert til den nye standarden for å lettere kunne sammenligne. Buskene ble vektet med 0,5 og det under buskene ble regnet som gress med vektingsfaktor 1. Disse fem tomtene ble valgt til validering siden det var de samme som ble brukt i tidligere metode. Resultatet fra de andre tomtene var ikke tilgjengelig. Gjennomsnittlig avvik fra valideringen for tomtene var 0,077 med denne metoden og 0,050 med tidligere metode. Dermed er denne metoden litt mer unøyaktig enn den tidligere.

Figur 55 viser en tabell over resultatene fra denne metoden sammenlignet med resultatene fra tidligere metode med og uten modifikasjoner, og figur 56 viser et stolpediagram over resultatet fra denne metoden sammen med resultat og validering fra tidligere metode med ny buskeberegning.

Figur 55: Tabell over BGF til valideringstomtene.

Tomt	Ny BGF	Tidligere validering	Tidligere validering med ny buskeberegning	Tidligere BGF	Tidligere BGF med ny buskeberegning
61	0,799	0,72	0,724	0,73	0,732
63	0,419	0,22	0,345	0,17	0,312
66	0,821	0,64	0,755	0,66	0,784
106	0,423	0,33	0,384	0,36	0,460
138	0,795	0,59	0,665	0,70	0,770



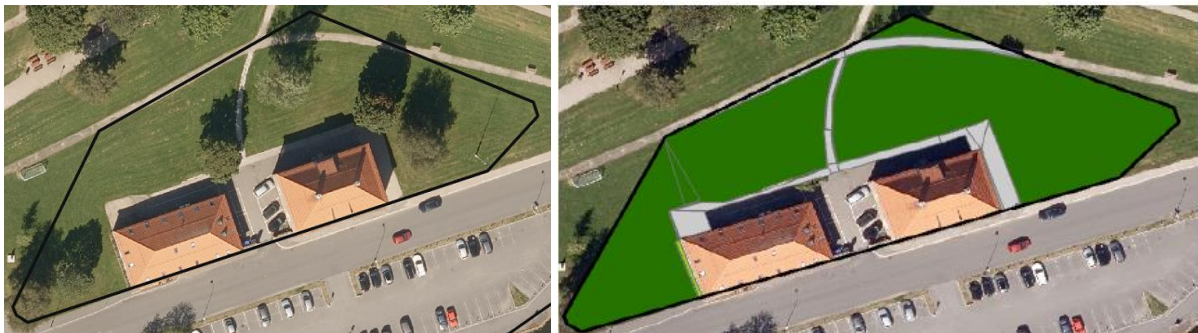
Figur 56: Stolpediagram over BGF for valideringstomtene.



Figur 57: I utklippene under kommer et utvalg av illustrasjoner som følger denne fargeforklaringen..

### 5.8.1 Tomt 61

Kailainathan (2019) fikk 0,73 fra fjernmåling og 0,72 fra manuell validering. Om hun hadde hatt gress under buskene hadde det ikke blitt noe nevneverdig forskjell, siden det er minimalt med busker. Ny metode ga 0,79 for tomten. Flere skyggeområder er feilaktig definert som gress og det er det som gjør at estimeringen av BGF blir for høy for denne tomten (Figur 58, 59). Tidligere var også dette et problem, men problemet ble forsterket med denne metoden. Fargeforklaringen for tomtene beregnet med ny metode er i figur 57.



Figur 58: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 61 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus.



Figur 59: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Litt av området under treet som henger over asfalten er riktig definert som asfalt.

### 5.8.2 Tomt 63

Kailainathan (2019) fikk 0,17 fra fjernmåling og 0,22 fra manuell validering. Med gress under busker og ny vektingsfaktor for busker, hadde valideringa blitt 0,345 og fjernmålinga hadde gitt 0,312. Ny metode ga 0,41 for tomten. BGF har nå blitt overestimert på denne tomten fordi verandaen er definert som grus og flere områder i hagen er feilaktig definert som gress (Figur 60, 61). I den tidligere metoden ble BGF underestimert på denne tomten fordi ikke alt gresset ble registrert.



Figur 60: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 63 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus.



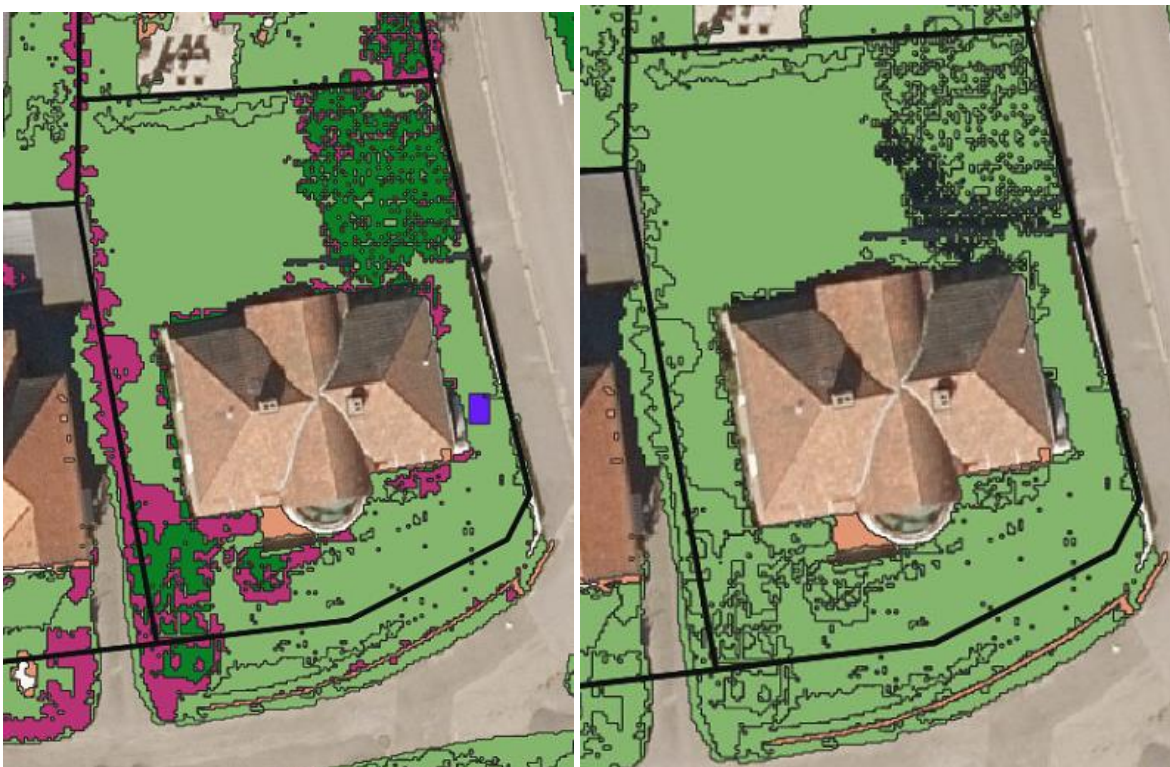
Figur 61: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Her er det et lite område nederst til venstre som egentlig er grus, men som har blitt definert som asfalt i den første klassifikasjonen på grunn av skygger.

### 5.8.3 Tomt 66

Kailainathan (2019) fikk 0,66 fra fjernmåling og 0,64 fra manuell validering. Med gress under busker og ny vektingsfaktor for busker, hadde valideringa blitt 0,755 og fjernmålinga hadde gitt 0,784. Ny metode ga 0,82 for tomten. Det vil si at begge metoder overestimerer BGF for denne tomten, men denne metoden overestimerer i høyere grad (Figur 62, 63).



Figur 62: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 66 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus.



Figur 63: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Man kan se at noen områder feilaktig ikke er dekket av gress. Det skjedde fordi disse områdene, som er under trær, hadde lavere NDVI enn  $-0,05$ . Denne feilkilden fører til lavere BGF.



#### 5.8.4 Tomt 106

Kailainathan (2019) fikk 0,39 fra fjernmåling og 0,33 fra manuell validering. Med gress under busker og ny vektingsfaktor for busker, hadde valideringa blitt 0,384 og fjernmålinga hadde gitt 0,460. Ny metode ga 0,42 for tomten. Begge metodene overestimerer BG for denne tomten, men her er faktisk denne metoden nærmere valideringsresultatet (Figur 64, 65).



Figur 64: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 106 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus.



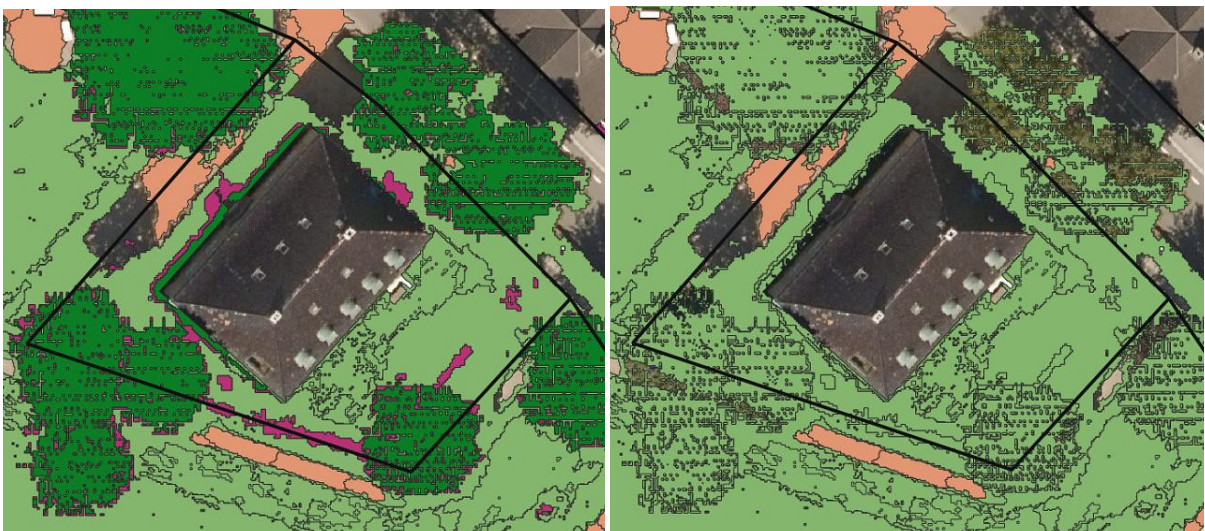
Figur 65: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper

### 5.8.5 Tomt 138

Kailainathan (2019) fikk 0,70 fra fjernmåling og 0,59 fra manuell validering. Med gress under busker og ny vektingsfaktor for busker, hadde valideringa blitt 0,665 og fjernmålinga hadde gitt 0,770. Ny metode ga 0,79 for tomten. Det vil si at begge metodene overestimerer BGF og får ganske like resultater. Den tidligere metoden er allikevel litt mer nøyaktig. Overestimeringa skjer fordi skygger har blitt definert som gress da det skulle vært grus (Figur 66, 67).



Figur 66: Til venstre er ortofoto og til høyre er tidligere validering av tomt 138 der grønt er gress, lysegrønt er busker og grått er grus.



Figur 67: Til venstre er resultatet med tilleggsfaktorer og til høyre er det kun dekktyper. Man kan se at områder som egentlig er grus rundt huset har blitt definert som gress på grunn av skygger.

## Kapittel 6: Diskusjon

Presisjonen i denne metoden med multispektrale bilder var lavere enn i metoden til Kailainathan (2019) med hyperspektrale bilder. For valideringstomtene var gjennomsnittlig avvik 0,077 i denne metoden og 0,050 med tidligere metode. Diskusjonen inneholder forbedringer, vurderinger rundt metode, andre forandringer, feilkilder og mulige forbedringer til neste gang det skal beregnes BGF.

### 6.1 Forbedringer

Følgende forbedringer fra metoden til Kailainathan (2019) ble gjort:

- Delfaktoren «eksisterende trær» ble funnet ved fjernmåling av arealet av trekronene. Dette er en forbedring som ikke nødvendigvis forandrer resultatet så mye, men gjør fremgangsmåten lettere, ved at man slipper å finne trærnes stammediameter.
- I Kailainathan (2019) ble alt under trærne regnet som gress, selv om mange trekroner for eksempel hang over asfaltveier. I denne metoden ble det sett nærmere på hva som faktisk var under trekronene ved å bruke et CIR-ortofoto som ble tatt på våren, før trekronene ble grønne. Dette gjør at delfaktoren «Grønne overflater på terreng» får lavere BGF og blir nærmere sannheten ved å bruke denne metoden.
- Under de fleste plantefelt/busker vokser det gress. Derfor er det en forbedring å legge til gress under buskene.
- Maskering av vann ble ikke brukt av Kailainathan (2019). I stedet ble det brukt en vannindeks. Når det allerede finnes nøyaktig FKB-data over vannområdene, er det både lettere og mer nøyaktig å maskere vekk vannet før klassifikasjonen på denne måten.
- Å klassifisere med segmenter i stedet for piksel for piksel gjør at hele klassifiseringsprosessen blir enklere og bruker mindre regnekraft.
- Overgangen fra manuell til automatisk beregning av BGF gjør det lettere å estimere BGF med ulike avgrensninger.

### 6.2 Vurderinger rundt metode

Følgende metoder ble testet ut og vurdert:

- Laserdataen inneholdt intensitetsverdier i tillegg til koordinater. Det ble prøvd ut og vurdert å inkludere disse i klassifikasjonene, men å ta de med hadde lite effekt på resultatet. Det kan være fordi intensitetsverdien er et sted innenfor NIR, og i ortofotoet som ble brukt er det allerede et NIR-bånd. Om det skal finnes BGF fra et ortofoto som ikke inneholder et NIR-bånd en annen gang, kan det være aktuelt å bruke intensitetsverdier i stedet.
- Klassifikasjon av skygger ble også testet, siden skyggene falt både på områder med permeable dekker og asfalt, men nøyaktigheten ble for dårlig til at det kunne brukes. I stedet ble alt definert som asfalt.
- Det var store problemer med mørke tak og vegetasjon. Da vegetasjonen først ble funnet, ble ingen bygninger maskert. Det var for å få med trekronene som hang delvis over taket. Da ble det også prøvd å finne grønne tak ved å klippe ut kun takene og sjekke om det var mulig å skille ut vegetasjon ved en lavere NDVI grense. Det var mulig, men i de grønne takene endte mesteparten opp med å være mørke tak eller skygger. Siden det å finne grønne tak førte med seg mer feil enn rett, ble ikke delfaktoren med.

- Til slutt ble det oppdaget at takene også var et problem i den opprinnelige vegetasjonen. Flere mørke tak hadde NDVI over 0,2 (Figur 68). Disse ble definert som tre på grunn av høyden til taket og dekket under ble definert som gress på grunn av høy NDVI. Denne feilen var så stor at det ble valgt å klippe vekk all vegetasjon fra bygningene.



Figur 68: Mørke tak der deler av taket er definert som tre (grønt).

### 6.3 Andre forandringer

Følgende forandringer fra metoden til Kailainathan (2019) ble gjort:

- I tillegg til delfaktoren grønne tak, er ikke terrengforsenkninger med avrenning til overvannstiltak med i denne metoden, i motsetning til i Kailainathan (2019). Delfaktoren ble fjernet siden kravene innebærer at overvannstiltaket har god nok evne til å kunne filtrere eller fordrøye vannet som kommer. (Standard Norge, 2020) Det er det vanskelig å vite med kun fjernmålte data og vektingsfaktoren er lav. Å fjerne en delfaktor helt gjør at BGF blir estimert litt lavere enn sannheten.
- Programvarene som ble brukt, utenom Quick Terrain Modeler, var også ulike. Kailainathan (2019) brukte ENVI, ArcGIS og Octave, mens det i denne metoden ble brukt PCI Geomatica, QGIS og python.
- Standard Norge kom ut med en ny standard i 2020. Det har skjedd flere forandringer siden standarden som Kailainathan (2019) brukte fra 2018, blant annet at «busker» i 2018 fikk vektningen 0,4 mens «plantefelt» nå har vektningen 0,5. Dette gjør at BGF blir estimert høyere i ny metode enn tidligere. For valideringstomtene er dette kompensert for ved å gjøre en ny buskeberegning på de tidligere valideringene og beregningene, men for resten av tomtene blir resultatet av ny metode høyere.

### 6.4 Feilkilder

#### 6.4.1 NDVI

Ved å velge NDVI-grensa for vegetasjon til 0,2, havnet deler av vegetasjonen, særlig gress, under grensen (Figur 69). Dette ble løst ved å klassifisere ut resten av gresset fra det som ble klassifisert som grus. Flere hustak, skygger og andre mørke områder kom med i vegetasjonen. Problemet med hustakene ble løst ved å klippe vekk all vegetasjon fra bygningene, men skyggene er fortsatt en feilkilde som bidrar til en for høy BGF (Figur 70). Det er denne feilkilden som gjør at metoden som regel estimerer BGF litt høyere enn Kailainathan (2019).



Figur 69: De grønne områdene er definert som gress. Imellom disse finnes områder som også er gress, men som hadde for lav NDVI til å bli definert som det.



Figur 70: Til venstre er ortofoto over et område og til høyre er det som er definert som vegetasjon i grønt. Områder med skygger har blitt med i vegetasjonen.

#### 6.4.2 Høyde på vegetasjon

Å definere hvilken type vegetasjon som er hva etter høydeverdi kan også være misvisende. Det finnes for eksempel busker under 0,3 m som nå bare blir beregnet som gress. Disse grenseverdiene ble brukt av Kailainathan (2019) som gjør det lett å sammenligne resultatene.

#### 6.4.3 Krav om oppsamlingsevne

For terrengforsenkninger og vannspeil stilles det krav om oppsamlingsevne for vann som er vanskelig å finne ut av ved å bare bruke fjernmålte data. Det kan dermed gi litt høyere BGF. Vannspeil ble funnet ved å bruke FKB-vann datasettet der ikke nødvendigvis alle dammer er registrert, som kan gi litt lavere BGF.

#### 6.4.4 Skygger i klassifisering

Det var tre klasser i den første klassifiseringen: skygger, grus og asfalt. I denne metoden ble det ikke funnet en måte å skille skyggene på permeable flater og asfalt fra hverandre, siden de har veldig lik spektralsignatur. Alt som ble klassifisert som skygger i den første klassifiseringen ble definert som asfalt, siden det ble antatt å være mest av det. Dette bidrar til en litt lavere estimering av BGF enn realiteten. Denne feilkilden kan man blant annet se på valideringstomt 63 (Figur 61).

#### 6.4.5 Overtilpassing

I begge klassifikasjonene kan det ha oppstått overtilpassing, fordi valideringssegmentene ble valgt fra områder som de var lett å se hva var. For å unngå så mye som mulig av overtilpassing ble det valgt treningssegmenter fra ene siden av elva og valideringssegmenter fra den andre. Allikevel er nok klassifiseringsnøyaktigheten på 96% og 95% litt for høye. Siden resultatene ikke er helt sikre kan dette gjøre at BGF-verdien blir mer unøyaktig.

#### 6.4.6 Forandringer 2015-2017

Bildene og laserdataen ble samlet inn på ulike tider. Det fører til flere feil. Spesielt at laserdataen er samlet inn i 2015 og true ortofoto er fra 2017 skaper problemer. Blant annet har en bygning som fantes i 2015 blitt revet innen 2017. Det fører til å området i første omgang havner som vegetasjon, og siden det er over tre meter høyt, blir den definert som trær. I dette området er det bare funnet ett tilfelle hvor dette har skjedd, og det har i dette tilfellet ført til høyere BGF verdi.

Det at bildet og laserdataen ikke er funnet helt samtidig skaper også en feilkilde ved at biler står plassert ulike steder i byen. I klassifiseringen av «Hustak og biler» ble alt som var lavere enn 0,3 m høyt definert som grus. Noen biler ble da definert som grus selv om de var på asfalt og noen som asfalt selv om de var på en grusparkeringsplass. Dette går nok for det meste opp i opp, men kan føre til en mer unøyaktig BGF-verdi.

### 6.5 Mulige forbedringer

Dette delkapittelet tar for seg tenkte forbedringer som kan brukes om metoden skal videreutvikles.

#### 6.5.1 Valg av NDVI-grense for vegetasjon

Da NDVI-grensa på 0,2 ble valgt helt i begynnelsen, ble det både tatt hensyn til å hindre at skygger kom med i vegetasjonen og at så mye som mulig av gress med lav NDVI skulle med. Senere ble det funnet en løsning for å få med mer av gresset i vegetasjonen, slik at den feilkilden ble minimal. Derfor hadde det vært smart å teste ulike NDVI-verdier sammen med klassifikasjonsresultatene for å finne ut om gresset hadde blitt med i klassifikasjonen, selv om NDVI-grensa ble satt lavere. Da kunne man unngått overestimering av BGF.

#### 6.5.2 Grønne overflater på konstruksjon

Som nevnt i masteroppgaven til Kailainathan (2019), er det et problem med trekrone som henger over tak i delfaktoren «grønne overflater på konstruksjon» (Figur 71). Det ble det prøvd å finne grønne tak ved å klippe ut kun takene, og sjekke om det var mulig å skille ut vegetasjon ved NDVI med en lavere grense. Det var mulig, men i vegetasjonen endte mesteparten opp med å være mørke tak eller skygger. Kailainathan (2019) brukte vegetasjonsindeksen NDRE, som lettere viser all vegetasjon, inkludert mose, ved å bruke NIR-målinger med større gjennomstrengingsevne. Fortsatt var det et problem at mørke tak og skygger ble definert som vegetasjon.

En alternativ måte å finne grønne tak på, uten å få problem med at frodig vegetasjon ikke blir med, er å kombinere laserdataen av hustak med vegetasjonen. Da kunne man, uten å fjerne den frodige vegetasjonen først, sammenligne høyden på vegetasjonen og høyden på taket for å sjekke om vegetasjonen er på eller litt over taket. Er vegetasjonen et stykke over taket kunne man da konkludert med at det var en trekrone.



*Figur 71: Trekroner kan henge over hustak.*

### 6.5.3 Automatisering

Denne metoden er allerede mer automatisert enn Kailainathan (2019) ved at det ikke gjøres noen manuelle endringer, og at beregningen av BGF etter delfaktorene er funnet er programmert. Allikevel er det fullt mulig å gjøre det enda mer automatisk. I PCI Geomatica kan man programmere fremgangsmåten, og i QGIS kan man programmere mer effektivt enn det som har blitt gjort her. Det optimale hadde vært å lage en funksjon der man har laserdata, ortofoto og polygonene av tomtene man vil finne BGF på som input og et kart med BGF-verdier som output.

## Kapittel 7: Konklusjon

Forskningsspørsmålene i denne oppgaven var å finne ut om hvordan nøyaktigheten forandrer seg når man bruker multispektrale bilder i stedet for hyperspektrale og å se på forbedringer i metoden til Kailainathan (2019).

Det ble funnet flere måter å forbedre og forenkle metoden til Kailainathan (2019) for å estimere BGF. Fremgangsmåten for å finne delfaktoren «eksisterende trær» ble forenkla ved å kun måle arealet. Forbedringer inkluderer blant annet maskering av vann der det var nødvendig, definering av ulike dekktyper under trærne og å definere at det er gress under busker. Disse har gjort metoden enklere å bruke og mer nøyaktig.

Når multispektrale bilder brukes i stedet for hyperspektrale går presisjonen ned. Allikevel burde resultatene være akseptable, siden de korrelerer godt med resultatene fra den tidligere metoden. Gjennomsnittlig avvik i BGF for valideringstomtene ble 0,077 mot 0,050 med hyperspektrale bilder.

Ved å bruke multispektrale bilder kan denne metoden brukes flere steder og på større områder, siden den krever mindre regnekraft og multispektrale bilder finnes nesten overalt. I tillegg er metoden mer automatisert. Det gjør det lettere for alle kommuner i Norge å estimere BGF, som et tiltak for å unngå flom og tap av biodiversitet i byene.



## Kapittel 8: Litteraturliste

- Ardila, P. (2014). *BLÅGRØNN FAKTOR Veileder byggesak*. Tilgjengelig fra: [https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens\\_byer/klimatilpasning/2014/bgf\\_veileder\\_byggesakhoveddelen2014.01.28.pdf](https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/bgf_veileder_byggesakhoveddelen2014.01.28.pdf).
- Berg, T. (2019). *FKB*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/FKB> (lest 11.03.2020).
- CLARK LABS. (2020). *Segmentation and Segment-based Classification*: Clark University. Tilgjengelig fra: <https://clarklabs.org/segmentation-and-segment-based-classification/> (lest 15.05.2020).
- Geovekst. (2020a). *FKB-bygning*. Tilgjengelig fra: <https://register.geonorge.no/det-offentlige-kartgrunnlaget/fkb-bygning/8b4304ea-4fb0-479c-a24d-fa225e2c6e97> (lest 11.03.2020).
- Geovekst. (2020b). *FKB-vann*. Tilgjengelig fra: <https://register.geonorge.no/det-offentlige-kartgrunnlaget/fkb-vann/595e47d9-d201-479c-a77d-cbc1f573a76b> (lest 11.03.2020).
- Kailainathan, J. (2019). *Masteroppgave NMBU 2019: Estimering av blågrønn faktor i eksisterende bymiljø ved bruk av hyperspektrale data og laserdata*. Tilgjengelig fra: <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/handle/11250/2611584?locale-attribute=no>.
- Kailainathan, J., Maalen-Johansen, I., Jonassen, V. O. & Aarsten, D. (2019). *URBAN BLUE-GREEN FACTOR ESTIMATION IN FREDRIKSTAD, NORWAY FROM HYPERSPECTRAL AND LIDAR REMOTE SENSING DATA FUSION - A CONCEPT STUDY*. Estimation of blue-green factor in existing urban environment using hyperspectral data and laser data: Norwegian University of Life Sciences, Ås. Tilgjengelig fra: <https://www.semanticscholar.org/paper/Urban-Blue-Green-Factor-Estimation-In-Fredrikstad%2C-Jonassen-Aarsten/a1fa184b15bf7ec08355e55ccf8bc8f4e59ee5a5>.
- Kartverket. (2020). *Hva er matrikkelen?* Tilgjengelig fra: <https://www.kartverket.no/eiendom/eiendomsinformasjon/matrikkelen/> (lest 01.05.2020).
- Meteorologisk institutt. (2017). *Det blir våtere*. Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/det-blir-vatere> (lest 24.03.2020).
- PCI Geomatics. (2019). *Support Vector Machine classifier*. Tilgjengelig fra: [https://www.pcigeomatics.com/geomatica-help/concepts/focus\\_c/oa\\_classif\\_intro\\_svm.html](https://www.pcigeomatics.com/geomatica-help/concepts/focus_c/oa_classif_intro_svm.html) (lest 10.05.2020).
- Plan- og bygningsetaten. (2018). *Brukerveiledning for blågrønn faktor i boligprosjekter i Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/plan-bygg-og-eiendom/planer-og-veiledere/veiledere-normer-og-skjemaer/#!t|bl%C3%A5gr%C3%B8nn%20faktor>.
- Standard Norge. (2020). *Blågrønn faktor Beregningsmetode og vektingsfaktorer*.
- Statistisk Sentralbyrå. (2015). *Kart og geodata fra SSB*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/geodata> (lest 27.04.2020).
- Stecanella, B. (2017). *An Introduction to Support Vector Machines (SVM)*: MonkeyLearn. Tilgjengelig fra: <https://monkeylearn.com/blog/introduction-to-support-vector-machines-svm/> (lest 24.03.2020).
- Tollan, A. (2020). *Flom*: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/flom> (lest 27.04.2020).



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway