

Mastergradsoppgave

Tiril Bakke

Krypsiv – *Juncus bulbosus* -  
Vekst og vekstvilkår i  
Terjevann, Vest-Agder



**Høgskolen i Telemark**

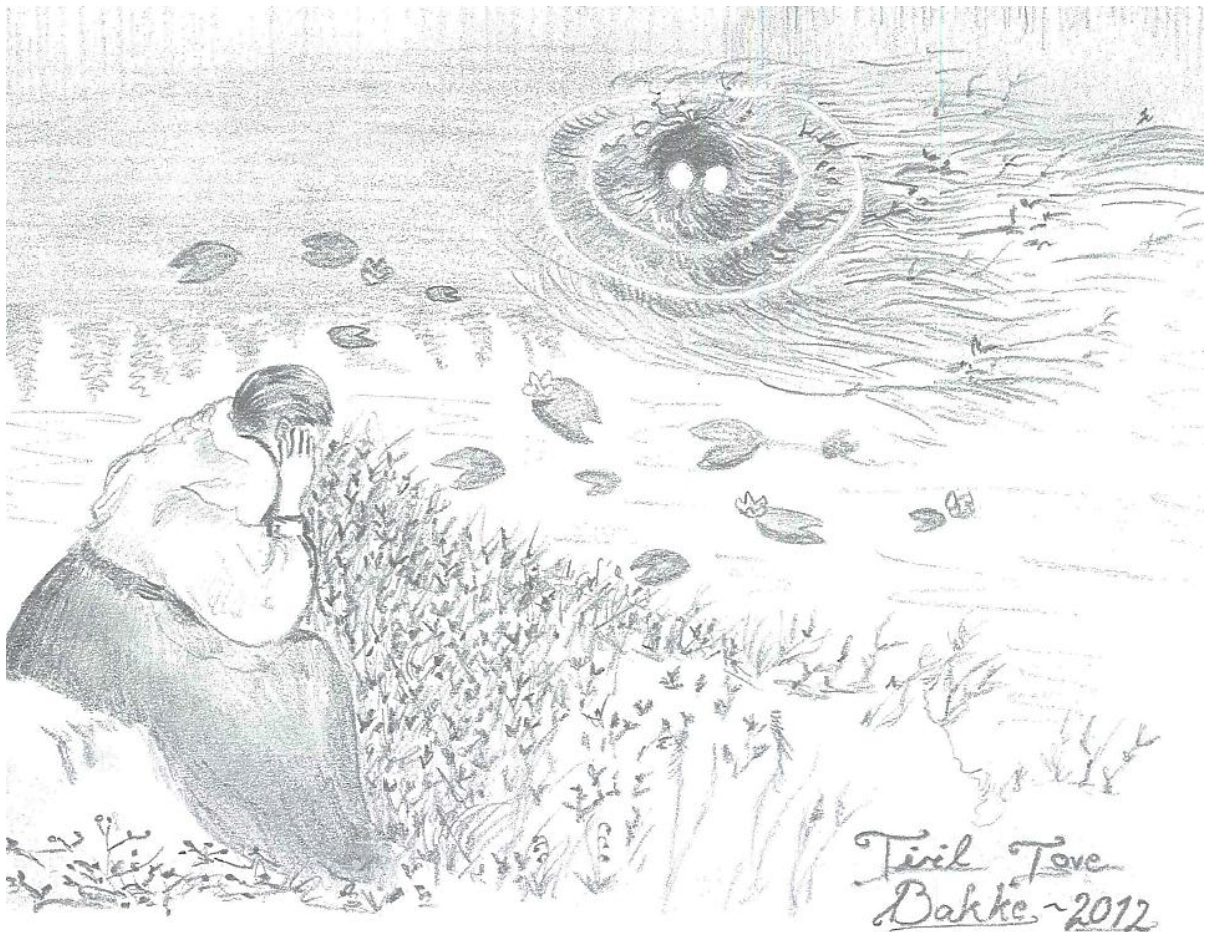
Fakultet for allmennvitenskapelige fag

Mastergradsavhandling i Natur-, helse- og miljøvern 2012

Tiril Bakke

Krypsiv – *Juncus bulbosus* -

Vekst og vekstvilkår i Terjevann, Vest-Agder



Høgskolen i Telemark

Avdeling for allmennvitenskapelige fag

Institutt for kultur og humanistiske fag

Hallvard Eikas plass

3800 Bø i Telemark

<http://www.hit.no>

© 2012 Tiril Bakke

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

# Sammendrag

Utbredelse og vekst av krypsiv (*Juncus bulbosus*) ble observert fra juli 2011 til mars 2012 i Terjevann. Resultatene viste signifikante forskjeller i plantevekst mellom de 3 områdene (A, B og C) i innsjøen. Kraftigst plantevekst ble påvist i område C, hvor plantene var større (større *lengde til siste skudd* og *rotlengde*) enn plantene fra område A og B. Statistisk skilte måleparameteren *antall skudd* seg kun mellom område B og C ved at det var signifikant flere skudd på plantene fra område C. I tillegg var dekningsgraden av plantene i de nedsenkede rammene (1,2 \* 1,2 m) høyere i område C enn i rammene i de andre to områdene. I undersøkelsesperioden ble det ikke registrert vesentlige forskjeller i målte parametere som vannsøyle, siktedyp og temperatur som kan forklare forskjellene i dekningsgrad i de tre områdene. pH og konsentrasjon av løst organisk karbon (LOC) varierte heller ikke mellom de ulike områdene. De kjemiske analysene av vannmassene på 1,2 m dyp antyder lavere konsentrasjon av ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrat ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) og fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) i område C enn i områdene A og B. De kjemiske analysene av plantematerialet, viste at plantene i område C inneholdt mer nitrogen og fosfor og hadde lavere C : N- og C : P enn plantene i områdene A og B. Plantematerialet i område B inneholdt mindre fosfor enn i de andre to områdene. Dette indikerer at plantene i område C med best vekst har høyere opptak av næringsstoffene nitrogen og fosfor. Tilgjengelige data gir ikke grunnlag for å gi noe klart svar om årsak(er) til dette. Påbegynte studier av næringsopptak vha. isotoper vil sannsynligvis gi indikasjon på hvilken del av plantene (blad, pseudorot eller rot) som er mest aktiv. Sammenholdt med videre analyser av vann og sediment inkludert  $\text{NH}_4$  og  $\text{CO}_2$  i porevann i sedimentet i de tre områdene vil forhåpentligvis bidra til å forklare den observerte forskjellen i vekst samt antyde optimale vekstvilkår for krypsiv i Terjevann.

# Innholdsfortegnelse

Sammendrag .....	3
Forord.....	6
<b>1 Innledning .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Materiale og metoder .....</b>	<b>11</b>
2.1 Planten .....	11
2.1.1 Utbredelse .....	11
2.1.2 Morfologi og miljøkrav .....	12
2.2 Områdebeskrivelse .....	15
2.2.1 Geografisk beliggenhet og klima .....	15
2.2.2 Nedbørsfeltet.....	15
2.2.3 Innsjøen, vegetasjon og kalking .....	16
2.3 Vekst .....	17
2.4 Dekningsgrad .....	18
2.5 Fysiske og kjemiske parametre.....	19
2.6 Statistikk.....	21
<b>3 Resultater .....</b>	<b>22</b>
3.1 Vekst .....	22
3.2 Dekningsgrad .....	24
3.3 Fysiske parametere .....	26
3.3.1 Vannsøyle .....	26
3.3.2 Siktedyp og vannfarge.....	26
3.3.3 Temperatur .....	28
3.4 Kjemiske analyser.....	29
3.4.1 Karbon og LOC .....	29
3.4.2 Nitrogen.....	30
3.4.3 Fosfor.....	33
3.4.4 CNP- forhold.....	35
3.4.5 pH .....	37
<b>4 Diskusjon .....</b>	<b>39</b>
4.1 Vekst og dekningsgrad .....	39
4.2 Fysiske vekstparametere .....	40
4.3 Kjemiske parametere .....	43
4.4 Andre faktorer som kan påvirke vekst av krypsiv i Terjevann.....	47
<b>5 Konklusjon .....</b>	<b>48</b>

<b>Referanser .....</b>	<b>49</b>
<b>Oversikt over tabeller og figurer .....</b>	<b>56</b>
<b>Vedlegg A .....</b>	<b>59</b>
<b>Vedlegg B .....</b>	<b>60</b>
<b>Vedlegg C .....</b>	<b>61</b>
<b>Vedlegg D .....</b>	<b>62</b>
<b>Vedlegg E .....</b>	<b>63</b>
<b>Vedlegg F.....</b>	<b>64</b>
<b>Vedlegg G.....</b>	<b>65</b>

# Forord

Denne masteroppgaven er skrevet for Høgskolen i Telemark, men utført ved Universitetet i Agder. Jeg vil takke en rekke personer. En kjempestor takk til mine veiledere Dr. Scient Sylvi Marlen Sandvik og Professor Dag Olav Andersen ved Universitetet i Agder. Begge har bidratt med kunnskap innen sine fagfelt og vært uunnværlige både i planleggingsprosessen, i forbindelse med feltarbeidet, samt for råd og kommentarer til selve oppgaven. Takk til Dag Olav og laboratorieleder Erik Olsen ved Vannlaboratoriet for prøvetaking og analyse av kjemiske parametere fra Terjevann.

Takk til ”Krypsivprosjektet” for støtte som gjør prosjektet mulig å gjennomføre.

Til min familie:

Til min mor, for at jeg arvet «beinet i nesa hennes».

Til min far, for hans mange floraer.

Takk til dem begge for en oppvekst på gård.

Til min bror, som har hjulpet med dykkerutstyr.

Til min eldre søster og min svigerbror som har vært roere og alltid er der for meg.

Til min yngre søster som trodde på at jeg kunne klare en naturvitenskapelig utdanning.

Til min kjære, som har sittet timevis ved min side på lab og bidratt med råd ift. oppgaven.

Dere vet alle hvor mye dere er for meg.

Bø i Telemark / Kristiansand 2012

Tiril Bakke

# 1 Innledning

Krypsiv (*Juncus bulbosus*) er en plante som vokser både terrestrisk og akvatisk. Som vannplante vokser den som rosettdannende kortskuddsplante (isoëtide) eller langskuddsplante (elodeide). Planten har hatt en storstilt oppblomstring de siste 20-30 årene spesielt i elver og innsjøer på Sør- og Sør-Vestlandet.

Krypsiv har flere fordeler når den vokser akvatisk som ubegrenset tilgang på vann, relativt stabil temperatur og mindre behov for styrkevev. De største utfordringer er mekanisk stress (strøm, bølger og vind) (Aarnes 2011), hydrostatisk trykk (Haraldsen 2010), redusert lystilgang og lavere diffusjonshastighet for gasser i vann (Økland og Økland 1996). Dessuten kan reproduksjon by på problemer for planter som lever i vann (Økland og Økland 1996). Sivplanter spres imidlertid effektivt ved klonal spredning (Wetzel 2001) og krypsiv slår rot ved leddene og vokser sterilt når den vokser akvatisk (Fægri 1970).

Skoglund m. fl. (2006) studerte sammenhengen mellom vannhastighet og plantens vekstform. Krypsivets trivsel i forhold til vekstområde i innsjø er undersøkt av flere, bl. a. Rørslett (1986; 1987; 1989), Rørslett m. fl. (1990), Hobæk m. fl. (1996), Brandrud og Johansen (1997), Johansen m. fl. (2000) og Ousdal (2004). Deres observasjoner indikerer at planten vokser ned til 3-4 meter, men synes å trives best fra 0,5 – 1,5 m (Johansen m. fl. (2000). Lys og lyskompensasjonspunktet<sup>1</sup> er gjort rede for av Wetzel (1985). Plantens vekst og vekstforhold om vinteren ble undersøkt av Svedäng (1990) og dens frostømfintlighet er undersøkt av Svedäng (1990), Rørslett (1991), Brandrud og Johansen (1992), Hindar m. fl. (2003) og Mjelde m. fl. (2012). Deres undersøkelser viser at dersom krypsiv eksponeres for - 20 °C i ett døgn eventuelt 1-3 døgn eksponering ved - 10 °C vil plantens celler deformeres med påfølgende død.

---

<sup>1</sup> Lyskompensasjonspunkt er den lysfluks hvor det ikke skjer noe netto opptak av karbon i fotosyntesen, fordi respirasjon og fotosyntese er like store.



For planter i ferskvann er fosfor (P) vanligvis en begrensende faktor for vekst, men vannets innhold av nitrogen (N), kalium ( $K^+$ ) og kalsium ( $Ca^{2+}$ ) spiller også stor rolle (Wetzel 2001). Krypsivets krav til fosfor er undersøkt av Roelofs (1983), Aulio (1986), Roelofs m. fl. (1994), Samecka-Cymerman og Kempers (2001), Chabbi og Rumpel (2004), Kaste og Lyche-Solheim (2004), Mjelde (2004) og Fosholt-Moe (2011; 2012). Plantens behov for nitrogen er diskutert av Roelofs (1983), Roelofs m. fl. (1984), Schuurkes m. fl. (1986a, b), Schuurkes (1987), Brouwer m. fl. (1997), Brouwer og Roelofs (2001), Samecka-Cymerman og Kempers (2001) og Fosholt-Moe (2012). Tilstrekkelig tilførsel av nitrogen er nødvendig for å opprettholde en effektiv karbonassimilasjon hos planter generelt (Wetzel, 2001). Nitrogen kan enten tas opp som nitrat ( $NO_3^-$ ) eller på ammonium form ( $NH_4^+$ ). Roelofs m. fl. (1984) fant at krypsiv tar opp nitrogen i det vesentlige på ammoniumsform ( $NH_4^+$ ). Dette var også konklusjonen til Schuurkes som fant at 85-90 % av nitrogenet ble tatt opp som ammonium (Schuurkes 1986). Planten er imidlertid også i stand til å utnytte  $NO_3^-$  (Fosholt-Moe 2012). Vanligvis tar vannplanter opp næring via røttene (Wetzel 2001), men undersøkelsene til Schuurkes (op.cit.) indikerte at krypsiv tok opp  $NH_4^+$  hovedsakelig (71-82 %) gjennom bladene. I den senere tid har man blitt oppmerksom på at støkiometri<sup>2</sup>, for eksempel forholdet mellom karbon og fosfor (C : P), karbon og nitrogen (C : N), nitrogen og fosfor (N : P) i plantevevet kan gjenspeile trivsel eller mistrivsel . Bruk av denne metoden mhp. krypsiv er beskrevet av Fosholt-Moe (2012).

Krypsiv er funnet å leve i surt vannmiljø (Eloranta 1970, Light 1975, Hinneri 1976, Sand-Jensen og Rasmussen 1978, Roelofs 1983, Roelofs m. fl. 1984, Aulio 1986, Schuurkes m. fl. 1986a; b, van Dam 1988, Brandrud og Mjelde 1993, Pietsch 1996; 1998, Brouwer m. fl. 1997, Chabbi 1999, Lucassen m. fl. 1999, Fyson 2000, Dorland m. fl. 2005, Samecka-Cymerman og Kempers 2001, Fosholt-Moe 2011; 2012) og i følge Fyson (2000) er krypsiv den eneste vannplanten som lever fullstendig neddykket ved  $pH \leq 3$ . Aulio (1986) påpeker også at krypsiv er én av få høyere planter som aktivt koloniserer forsurede ferskvann. Ifølge Brandrud (1995) vil krypsiv mistrives når pH overskrider 6,5. Syreinnholdet (pH) påvirker også bikarbonatsystemet (Wetzel 2001) der fritt  $CO_2$  dominerer i vann med lavere pH enn 5. I pH-intervallet 7 – 9 vil uorganisk karbon være på bikarbonatform ( $HCO_3^-$ ) og ved  $pH > 9,5$  vil det

---

<sup>2</sup> Støkiometri = Mengdeforhold mellom kjemiske komponenter.

foreligge som karbonat ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) (Wetzel 1985, Fyson 2000, Wetzel 2001). Da krypsiv trives i sure vann, har det lenge vært akseptert at planten utnytter  $\text{CO}_2$  som kilde til karbon. Plantens krav til  $\text{CO}_2$  er nærmere undersøkt av Roelofs (1983), Roelofs m. fl. (1984), Wetzel m. fl. (1984; 1985), Roelofs m. fl. (1994), Bobbink og Roelofs (1995), Bellemakers m. fl. (1996) og Lucassen m. fl. (1999). Det er imidlertid uenighet om hvorvidt krypsiv tar opp  $\text{CO}_2$  fra porevann i sedimentet eller fra de frie vannmasser. Wetzel m. fl. (1985) fant at ca. 25- 40 % av  $\text{CO}_2$ -opptaket stammet fra rhizosfæren<sup>3</sup>. Karbonet blir fraktet opp til bladene via gassdiffusjon gjennom det indre lakunaet. De fant også at en større del av  $\text{CO}_2$  ble hentet fra rhizosfæren når  $[\text{CO}_2]$ <sup>4</sup> økte enten ved å tilsette mer  $\text{CO}_2$ , bakterier eller organiske forbindelser (glukose og acetat) eksperimentelt. Roelofs m. fl. (1984) fant derimot at planten bruker lite sedimentgenerert  $\text{CO}_2$  og konkluderte med at det er plantens tynne blader som står for hovedopptaket av  $\text{CO}_2$  fra vannet. Denne konklusjonen støttes av bl.a. Crawford (1987), Lucassen m. fl. (1999), Johansen m. fl. (2000), Hindar m. fl. (2003). Krypsiv har et lavt  $\text{CO}_2$ -kompensasjonspunkt, noe som er typisk for planter som tar opp  $\text{CO}_2$  via blad (Crawford 1987, Roelofs m. fl. 1984, Johansen m. fl. 2000, Hindar m. fl. 2003). Planten starter fotosyntesen ved 2-12  $\mu\text{M}$   $\text{CO}_2$  (Crawford 1987). Roelofs m. fl. (1994), Bellemakers m. fl. (1996), Lucassen m. fl. (1999) og Brandrud (2000) undersøkte effekter av kalking på  $[\text{CO}_2]$  og plantevekst. Etter kalking (tilsats av  $\text{CaCO}_3$ ) øker karboninnhold i vannmassene og løseligheten av  $\text{CO}_2$  vil dessuten øke (Wetzel 2001). Roelofs m. fl. (1994) deduserte seg fram til at krypsivplanter vil ha fordeler ved kalking, fordi kalking mobiliserer nitrogen, fosfor og jern fra sedimentet. Det er også en nær sammenheng mellom økt løst organisk karbon (LOC) og økt  $\text{CO}_2$  (Marschner og Kalbitz 2003). Da LOC brytes ned til  $\text{CO}_2$  via mikrobiell aktivitet og fotooksidasjon (Wetzel 2001), kan en økt  $[\text{LOC}]$  i vannmiljø spille en rolle i utbredelsen av krypsiv (Spierenberg m. fl. 2009; 2010). Klimaforandringer og en økt  $[\text{CO}_2]$  i atmosfæren (økt forbrenning av fossilt materiale) kan også føre til økt konsentrasjon i vannmassene, som videre kan påvirke plantevekst (Spierenburg 2009).

---

<sup>3</sup> Rhizosfæren er den delen av sediment/jordsmonn som er direkte berørt av planterøtter og mikroorganismer.

<sup>4</sup> Klammemarkering [...] betyr "konsentrasjonen av".

Til tross for omfattende forskningsaktivitet på krypsiv, mangler fortsatt entydige svar på hva som forårsaker den omfattende oppblomstringen av planten (Fosholt-Moe 2011; 2012). Det er dessuten få undersøkelser som beskriver krypsivets utvikling i samme lokalitet over en lengre tidsperiode (Hindar m. fl. 2003). Med dette som utgangspunkt ble «Krypsivprosjektet i Terjevann» startet sommeren 2011. I prosjektet skal bl.a. planten og vekst studeres over tid parallelt med aktuelle fysisk-kjemiske målinger i innsjøen, vann og sediment. Masteroppgaven bygger på data fra det første året og problemstillingen:

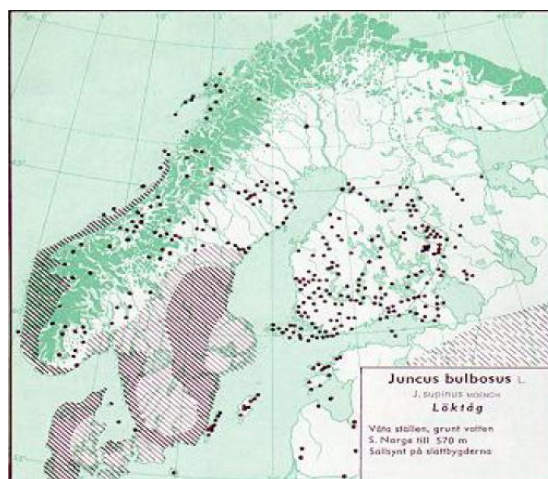
- Kan vekst av krypsiv i Terjevann og utvalgte fysisk-kjemiske parametre si noe om optimale vekstvilkår for planten?

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Planten

#### 2.1.1 Utbredelse

Krypsiv (*Juncus bulbosus*, også omtalt som *Juncus supinus*) er en flerårig plante i sivfamilien (*Juncaceae*). Sivfamilien er utbredt på alle kontinenter bortsett fra i Antarktis. Planter innen denne familien forekommer oftest i tempererte områder både på nordlig og sørlig halvkule (Balslev 1996). I Norge finnes 20 arter innen siv (*Juncus*) (Mossberg m. fl. 1995). Sivplanter vokser generelt i ulike habitat i alle deler av landet, mens krypsiv stort sett opptrer kystnært. Fægri (1970) og Lid og Lid (1994) regner nordlig grense for planten ved Andøya og Kvæfjord i Troms. Arten sees i indre strøk på Østlandet, men er mest utbredt på Sør- og Vestlandet (Johansen m. fl. 2000, Vegge og Haraldstad 2005) (Figur 1). Krypsiv er viet mest oppmerksomhet i områder med storstilt oppblomstring, hovedsakelig i Nederland, Sverige og Norge. I Norge er den største oppblomstringen registrert på Sør-Vestlandet. Bare i Vest-Agder dekker krypsiv ca. 12 700 daa av vannspeilet i Mandalselva, Kvina og Otra (Fylkesmannen i Vest-Agder, hjemmeside).



Figur 1. Utbredelse av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i Norden (Hultén 1971).

## 2.1.2 Morfologi og miljøkrav

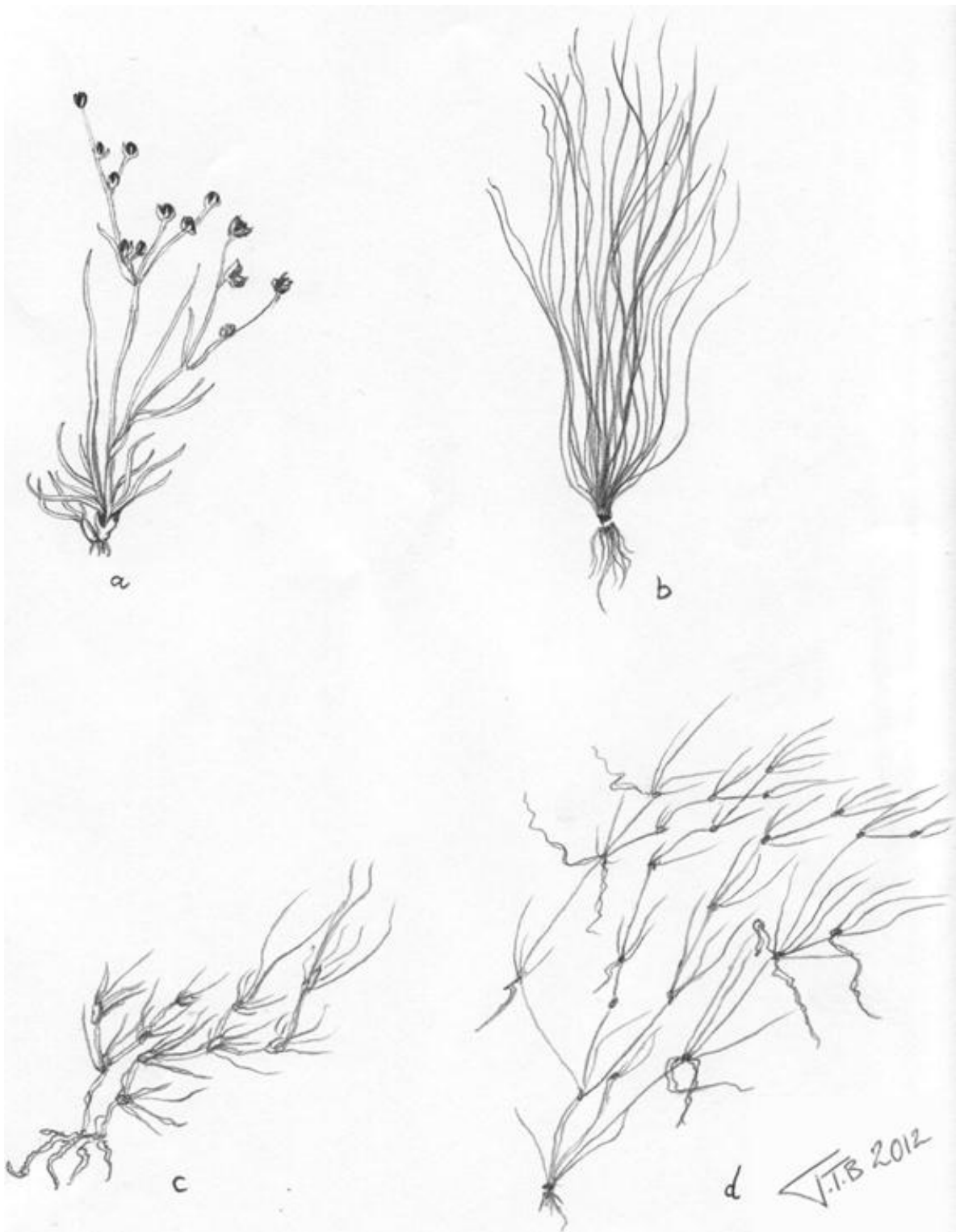
Fra gammelt av har krypsiv blitt regnet som én art, omtalt i litteraturen som *Juncus bulbosus*. Nå regner man at arten består av hovedarten krypsiv (*Juncus bulbosus* subs. *supinus*) og underarten dysiv (*Juncus kochii*) (Fægri 1970, Sørensen 1961) omtalt som *Juncus bulbosus* subsp. *nigritellus* av Lid og Lid (1994). Artene kan være vanskelig å skille fra hverandre, særlig når de vokser vegetativt i vann (J. Pročków pers. med.). Krypsiv er en plante som inntar ulike former på ulike voksested. I terrestrisk form (f. *terrestris*) vokser den fra 2 cm høye rosettplanter (Figur 2a) (Pročków 2008) og kan danne grønne eller rødlig eng (Casper og Krausch 1980, sitert i: Fosholt-Moe 2012). Undervannsformene (f. *submersus*) av planten er mye lengre (Fægri 1970) og sees i 2 ulike vekstformer, som igjen kan variere. Den ene vekstformen er korte eller middels lange rosettplanter med velutviklede røtter (Figur 2b, c). Denne formen antas å ta opp næring fra sedimentet (Johansen m. fl. 2000) og ser ut til å være grønn hele året (S. W. Johansen pers. med.). Slike rosettplanter kan vokse i bekker og elver og har da gjerne krypende utløpere som hjelper planten å etablere seg (Bellemakers m. fl. 1996, Hindar m. fl. 2003) (Figur 2c). Den andre vekstformen som vokser i vann, danner lange vertikale skudd med svært reduserte røtter. Det er denne formen som danner såkalt problemvekst (Hindar m. fl. 2003) (Figur 2d). Sistnevnte vekstform kan bli opptil 3 meter (Johansen m. fl. 2000) og kalles overflatematter eller såter (f. *fluitans*). Undervannsformene kan ha opp til 60 cm lange blader (Casper og Krausch 1980, sitert i: Forholt-Moe 2012). Når plantene danner skuddetasjer som kan være fra 5 – 20 cm lange (Hindar m. fl. 2003), kan det etableres røtter fra hvert nodie (Fægri 1970) ut i vannmassene. Disse røttene er ikke beskrevet

i detalj i litteraturen, men er omtalt som «skjeggfletter» av Johansen (2002), men som jeg vil omtale som *pseudorøtter*. Selv om de kraftigste årsskuddene kommer fra de nederste skuddsegmentenes bladhjørner og fra rosettene i sedimentet, kan hvert skudd ha stor lengdevekst og det adderes nye årsskudd fra bladhjørnene fra gamle skudd (Johansen m. fl. 2000). Selve hovedrota på planten er løkformet nederst og røttene er vanligvis opprette, men kan også ligge (Mossberg m. fl. 1995). Det som synes å være plantens miljøkrav, er oppsummert ut fra observasjoner fra forskjellige lokaliteter i en review av Johansen m. fl. (2000) (Tabell 1). Krypsiv vokser naturlig i ionefattige, ultra- og oligotrofe<sup>5</sup> innsjøer og elver i Norge. Arten trives i boreo-nemoral sone og er tilknyttet kystnære strøk. Planten er lite næringskrevende med tanke på fosfor, men har behov for relativt høye konsentrasjoner av CO<sub>2</sub> og NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Arten er acidofil og trives best ved pH < 5,5, men finnes også i miljøer med pH 5,5 – 6,0. Krypsiv i innsjøer har et optimalt vekstdyp i området 50 – 150 cm.

Tabell 1. Oppsummerte miljøkrav til krypsiv (*Juncus bulbosus*) basert på observasjoner i flere adskilte lokaliteter. Grønn farge indikerer svært god vekst, lysegrønn indikerer god vekst mens hvit farge indikerer dårlige vekstforhold (Omarbeidet fra Johansen m. fl. 2000).

<b>pH</b>	< 5,5	5,5 - 6,0	6,0 - 6,5	> 6,5
<b>Fosfor µg/L</b>	> 5	5 - 10	10 - 25	> 25
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	Meget høy	Høy	Lav	Ingen
<b>CO<sub>2</sub> µmol/L</b>	> 200	100 - 200	10 - 100	< 10
<b>Substrat</b>	Dy (organisk)	Mudder	Sand/grus	Stein
<b>Dybde (cm)</b>	< 50	50 - 150	150 - 250	> 250
<b>Klima</b>	Boreo(nemoral)	Sørboreal	Mellomboreal	Høybor./Subalpin
<b>Vegetasjon-seksjon</b>	Oseanisk	Svakt oseanisk	Svakt kontinental	Kontinental

<sup>5</sup> Oligotrof innsjø = Næringsfattig innsjø.



Figur 2. Ulike morfer av krypsiv (*Juncus bulbosus*). a) Krypsiv i terrestrisk form, 2 – 5 cm med seksuell formering. b) Undervannsform som rosettplante, 10 – 20 cm. c) Krypsiv voksende i bekk, med særlig korte skudd, velutviklede røtter og krypende utløpere. Seksuell formering forekommer hvis deler av planten ligger over vannoverflaten. d) Plante med lange skudd. (Frøsetting kan observeres hvis matten ligger over vannoverflaten. Tegninger basert på Lid og Lid (1994), Johansen m. fl. (2000) og egne observasjoner.

## 2.2 Områdebeskrivelse

### 2.2.1 Geografisk beliggenhet og klima

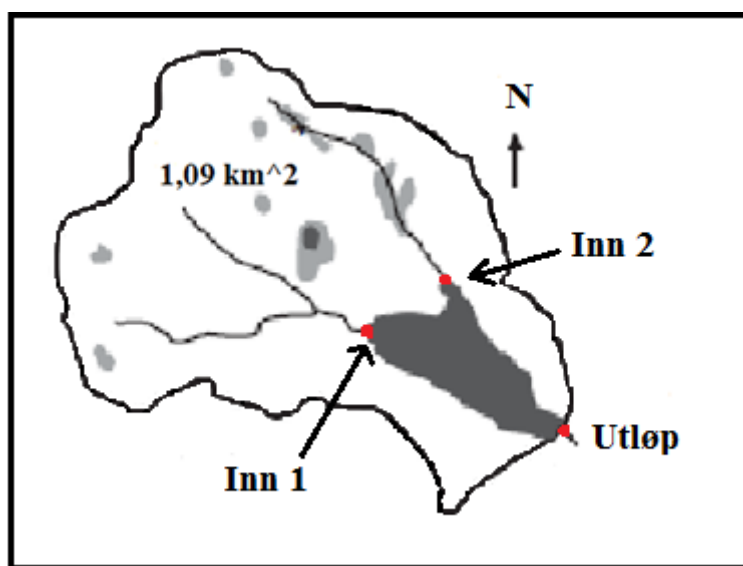
Terjevann (UTM koordinater: Nord; 6461143, Øst; 82 152, lengdegrad; 7,904370, breddegrad; 58,093633) ligger i Søgne kommune, Vest-Agder, ca. 8 km sør-vest for Kristiansand. Området ligger avsondret fra betydelig menneskelig aktivitet og benyttes hovedsakelig som turområde. Meteorologiske data, hentet fra DNMI-klimastasjonen 3904 Kjevik, viser at normal lufttemperatur (1961 – 1990) i området er 6,6 °C. I 2011 var gjennomsnittlig lufttemperatur 7,9 °C og januar var eneste måned som var kjøligere enn normalen. April, november og desember var særlig varme måneder med hhv. 4,3, 3,3 og 2,2 °C over normaltemperaturen. Total årsnedbør var 1360 mm i 2011, høyere enn normalen på 1299 mm. Mens mars, april, oktober og november var svært tørre måneder med hhv. 29, 34, 87 og 73 mm., var februar, september og desember våte måneder med hhv. 126, 218 og 160 mm. I november og desember var hele landet preget av stormene «Berit», «Dagmar» og «Emil». Sterkeste vind i året ved Kjevik ble registrert i disse to månedene med hhv. 16,7 og 16,1 m/s 27. november og 29. desember. Terjevann ligger ca. 18 km i luftlinje fra Kjevik målestasjon. Kystnær beliggenhet fører til at Terjevann tidvis er utsatt for salt nedbør. Sørlandet er dessuten generelt eksponert for landets sureste nedbør. Gjennomsnittlig pH i nedbør for 2011 ble målt til 4,9 ved målestasjonen på Birkenes (ca. 36 km nordøst for Terjevann) (Aas m. fl. 2012). Nedbøren over Sørlandet inneholder tilnærmet like mye  $\text{NH}_4^+$  og  $\text{NO}_3^-$  (Hindar m. fl. 2003) og i 2011 ble det gjennomsnittlig avsatt 0,42 mg N/L med ammonium og 0,39 mg N/L med nitrat, målt ved Birkenes målestasjon. Nedbøren her utgjorde totalt 1779 mm. (Aas m. fl. 2012).

### 2.2.2 Nedbørsfeltet

Terjevann har et nedbørsfelt på 1,09 km<sup>2</sup> (Andersen 2005) og ansees å være lite i forhold til vanndirektivets kategoriseringsarbeid over innsjøer i Norge (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2011). Øyegneis utgjør hoveddelen av geologien rundt innsjøen (Klepsland og Høitomt 2009). Vegetasjonen i nord er karakterisert av en del furu (*Pinus sylvestris*) og enkelte lauvtrær, blant annet bjørk (*Betula pubescens*) og osp (*Populus tremula*). I feltsjiktet er det en del røsslyng (*Calluna vulgaris*), forskjellige bærlyngsorter (*Vaccinium spp.*), en del gress (*Bromus spp.*) og ulike arter starr (*Carex spp.*). Innsjøens nordside har et terreng preget av nakne knauser og små myrområder. Vegetasjonen i nordøstlig del av nedbørsfeltet består av varmekrevende lauvtrær som vintereik (*Quercus petraea*), kristorn (*Ilex aquifolium*) og or



(*Alnus sp.*) samt enkelte bjørk (*B. pubescens*) og furutrær (*P. sylvestris*). Klepsland og Høitomt (2009) skriver dessuten at det finnes barlind (*Taxus baccata*) i området. Sørsidens jordsmonn er dypere enn på nordsiden av vannet. Dette er synlig ved mindre avdekket, bart fjell. Langs sørsiden vokser det stort sett grantrær (*Picea abies*) som ble plantet for ca. 50 år siden (Andersen 2006). Mesteparten av dreneringen inn til innsjøen skjer via to tilførselsbekker (Inn 1 og Inn 2) (Figur 3). Vannkvaliteten i innløp 2 er påvirket av myrområder i tillegg til et skrint jordsmonn. Utløpet ligger i sørøstlig del av innsjøen. Antall soltimer i løpet av døgn og år vil være minst i sørlig del av innsjøen. Dette skyldes topografiske forhold i nedbørfeltet. Nordlig del av innsjøen mottar derfor flest soltimer.



Figur 3. Terjevann (mørkt område) har et nedbørfelt på 1,09 km<sup>2</sup>. Tilførsel skjer hovedsakelig fra to bekker i nord-vest og vest. Omarbeidet etter Andersen (2006).

### 2.2.3 Innsjøen, vegetasjon og kalking

Terjevann ligger 22 meter over havet. Arealet til innsjøen er rundt 0,09 km<sup>2</sup>. Dypeste punkt ligger på 37 meter (Figur 4) og vannets teoretiske oppholdstid er ca. 0,72 år (Andersen 2005). Innsjøen regnes som en middels stor lavlandsinnsjø og som grunn, siden middeldyp < 12 m (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2011). Vegetasjonen i innsjøen domineres av krypsiv (*Juncus bulbosus*). Det finnes enkelte krypsivplanter ved innløp 1, men disse er fåtallige og puslete. En større bestand finnes ved innløp 2. Hovedtyngden av krypsiv finnes i sørenden av innsjøen; på en grunn sandbanke og i gruntområdene mot utløpet (Figur 4). En relativt stor bestand av takrør (*Australis phragmites*) vokser ved utløpet. Botnegras (*Lobelia dortmanna*), hesterumpe (*Hippuris vulgaris*) og enkelte eksemplarer av stivt brasmegrass (*Isoëtes lacustris*)

vokser innenfor det massive krypsivbeltet i sørbukten. Både ved innløp 2 og i sør finnes gul nøkkerose (*Nuphar lutea*) og stor nøkkerose (*Nymphaea alba*). Buntsivaks (*Eleocharis multiflora*), som stod på norsk rødliste 2006 som nær truet, (ikke på Norsk rødliste 2010), finnes i sørbukten (A. Lie pers. med.).



Figur 4. Batymetrisk kart over Terjevann. Grønn markering viser vekst av krypsiv (*Juncus bulbosus*). Omarbeidet fra Andersen (1999).

Innsjøen har stort sett blitt kalket siden 1980 (Andersen 2005). Med unntak av 1980, da det ble brukt grov skjellsand, har kalken bestått av kalksteinmel som i det vesentlige inneholder kalsiumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Mengdene har variert fra 2,7 -20,5 mg/L (Andersen 2005).

Kalkingen ble innstilt i 2010 og 2011 på grunn av tilfredstillende pH og studiene av krypsiv (D. O. Andersen pers. med.).

## 2.3 Vekst

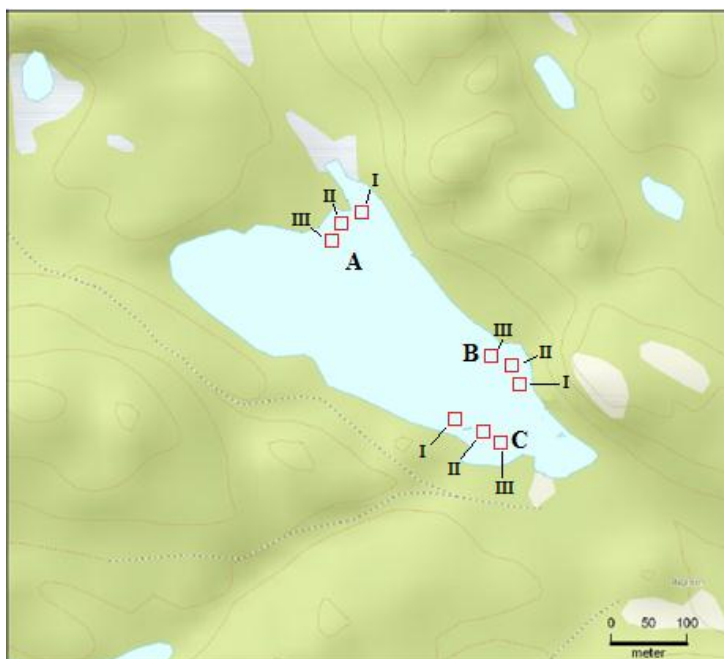
I siste halvdel av juli 2011 ble 25 planter høstet fra hvert av områdene A, B og C. I område A ble dette gjort av dykker, men fordi dette var vanskelig å gjennomføre uten å rive løs for mange planter ble resten av plantene høstet med håv. Samme dag som plantene ble høstet, ble total plantelengde (uten rot) og lengde fra rotens begynnelse til siste skudd målt. I tillegg ble antall skudd per plante telt. Rotlengden ble målt noen dager senere (se vedlegg B, C, D og E for detaljer).

## 2.4 Dekningsgrad

For å registrere dekningsgrad ble 9 rammer (à 1,20 x 1,20 meter) satt sammen av polypropylenrør (Figur 5). For å lette senkningen av rammene ble det festet tau diagonalt og rørene ble fylt med sand. Ved tauets krysningspunkt ble det i tillegg festet et ca. 3 meter langt tau med dobb (isopor). Ved hvert område (A, B og C) (Figur 6) ble det senket 3 rammer på ulike dyp. Ramme AI er plassert like utenfor innløp 2 mens ramme AII og AIII ligger mer skjermet i en bakevje. Rammene BI, BII og BIII ligger ca. 150 meter oppstrøms innsjøens utløp. Ramme CI er plassert nord for en liten holme, mens CII og CIII ligger i en bukt mer beskyttet mot vindpåvirkning enn ramme CI. For å undersøke veksten av krypsiv i rammene, ble dekningsgraden registrert fra juli 2011 til mars 2012 (for eksakte datoer, se Vedlegg A) ved hjelp av Hult-Sernanders skala. Skalaen er femdelt der < 8 % tilsvarer dekningsgrad 1, 8-16 % dekningsgrad 2, 16-25 % - dekningsgrad 3, 25-50 % - dekningsgrad 4 og > 50 % - dekningsgrad 5.



*Figur 5. Montering av ramme for overvåking av dekningsgrad. Foto: S. M. Sandvik.*



*Figur 6. Plassering av rammene ved områdene A, B og C i Terjevann.*

## 2.5 Fysiske og kjemiske parametre

Vannsøyle over rammene ble målt jevnlig fra juli til midten av november 2011 (se vedlegg F for detaljer). Siktedyp og vannfarge ble registrert i perioden fra juli 2011 til mars med en Secchi skive (20 cm diameter) i perioden (se vedlegg G for detaljer). På samme datoer ble vanntemperatur målt på 1 meters dyp vha. termometer montert i en vannhenter av typen Esselte, 1 L (Figur 7).



*Figur 7. Vannhenter (Esselte, 1 L) med fastmontert termometer. Foto: T. T. Bakke.*

For kjemisk analyse av plantemateriale ble det i begynnelsen av oktober 2011 samlet inn 7 - 8 krypsivplanter fra hvert område (A, B og C). Samtidig ble 75 liter vann hentet fra 1 meters dyp fra hvert av områdene i tillegg til at sedimentprøver ble tatt. Plantene ble oppbevart kjølig inntil bearbeiding. De ble vasket fri for alger med destillert vann og delt i blad, pseudorøtter og røtter. Plantedelene ble tørket i varmeskap ved 60 °C i 24 timer før de ble homogenisert i morter. Prøvene ble oppbevart i kjøleskap fram til analyse. Vannprøvene ble oppbevart kjølig fram til transport til laboratoriet. Sedimentet ble delt i sjikt fra 0-5, 0-10, 5-10 og > 10 cm i felt, dypfrost og frysetørket i 48 timer i en Christ Alpha 1-4 frysetørrer (Figur 8). Enkelte av prøvene som inneholdt vann etter frysetørring, ble i tillegg tørket i varmeskap ved 60 °C. De ble så homogenisert i morter.



*Figur 8. Frysetørrer av typen Christ Alpha 1-4 med sedimentprøver. Foto: T. T. Bakke.*

Plante-, vann- og sedimentprøvene ble sendt til IFE (Institutt for energiteknikk) for analyse av bl.a. total karbon, total nitrogen og total fosfor (Tot-C, Tot-N og Tot-P). I tillegg ble vannprøver tatt på 1,2 meters dyp ved områdene A, B og C 21.09, 13.10, 04.11, 23.11 og 09.12 2011 for analyse av bl.a. pH,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , TotN,  $\text{PO}_4^{3-}$ , TotP og LOC.

## 2.6 Statistikk

All statistikk ble utført i programmet Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Prosedyren ble utført i henhold til Pallant (2010). Deskriptiv analyse viste at ingen av dataene (totallengde, lengde til siste skudd, siste blads lengde, rotlengde og antall skudd) var normalfordelt og det ble derfor benyttet ikke-parametrisk Kruskal-Wallis. Dersom Kruskal-Wallis viste  $p < 0,05$ , ble det i tillegg utført Mann Whitney U-test for å finne hvor forskjellene lå. For å unngå Type I-feil, ble det brukt Bonferroni justering på alpha-nivå. Etter justeringen måtte derfor  $p < 0,017$  for at det skulle foreligge signifikant forskjell mellom variablene.

## 3 Resultater

### 3.1 Vekst

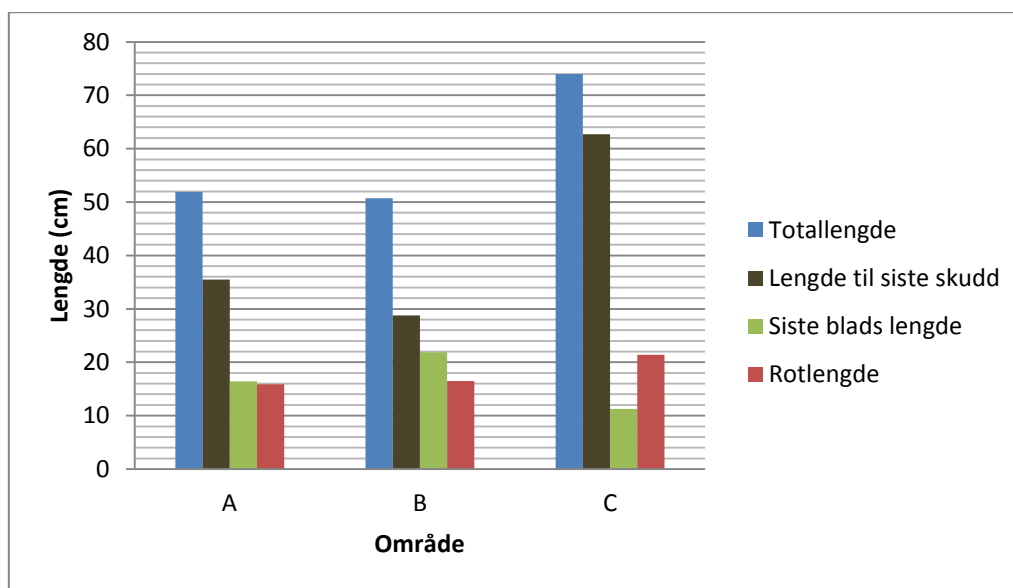
Kruskal-Wallis testen viste signifikant forskjell mellom plantenes lengde til siste skudd i områdene A, B og C ( $\chi^2$  (df = 2, n = 75,) = 22,941, p = 0,000) (Figur 9). Mann-Whitney U testen viste at median for lengde til siste skudd var større på plantene i område C (Md =56,5, n = 25) i forhold til område A ((Md =29,7, n = 25), U = 139,0, z = - 3,367, p = 0,01, r = 0,017). Testen viste også at median for lengde til siste skudd var større på plantene fra område C i forhold til i område B ((Md = 24,9, n = 25), U = 75,0, z = - 4,609, p = 0,000, r = 0,017). Det ble ikke funnet signifikant forskjell på lengde til siste skudd mellom plantene fra område A og B.

Kruskal-Wallis testen viste også en signifikant forskjell mellom plantenes siste-blads lengde mellom områdene (A, B og C) ( $\chi^2$  (df = 2, n = 75,) = 19,924, p = 0,000). Mann-Whitney U testen viste at medianen for siste-blads lengde på plantene fra område A var større (Md = 15,1, n = 25) enn den for plantene fra område C ((Md = 10,0, n =25), U = 183,0, z = - 2,513, p = 0,012, r = 0,017). Plantene fra område B hadde også høyere median på siste-blads lengde (Md = 19,4, n = 25) enn plantene fra område C (U = 92,0, z = - 4,279, p =0,000, r = 0,017). Siste- blads lengde på plantene fra område A og B viste ikke statistiske signifikante forskjeller.

Når det gjelder plantenes rotlengder viste Kruskal-Wallis testen signifikant forskjell mellom områdene A, B og C ( $\chi^2$  (df = 2, n = 75,) = 9,723, p = 0,008). Mann-Whitney U testen viste at rotlengde på plantene fra område C hadde høyere median (Md =20, n = 25) i forhold til rotlengden på plantene fra område A ((Md =14,9, n = 25), U = 139, z = - 3,367, p = 0,01, r = 0,017) og område B ((Md = 15,3, n = 25), U = 185,5, z = - 2,465, p = 0,014, r = 0,017). Plantene i område A og B viste ikke statistisk forskjell mht. rotlengde. Noen av røttene hadde rødlig utfelling og rothår fantes på enkelte av plantene, fortrinnsvis på de største som ble funnet i område C. Røtter med rothår hadde oftere rødt plakk enn røtter uten rothår.

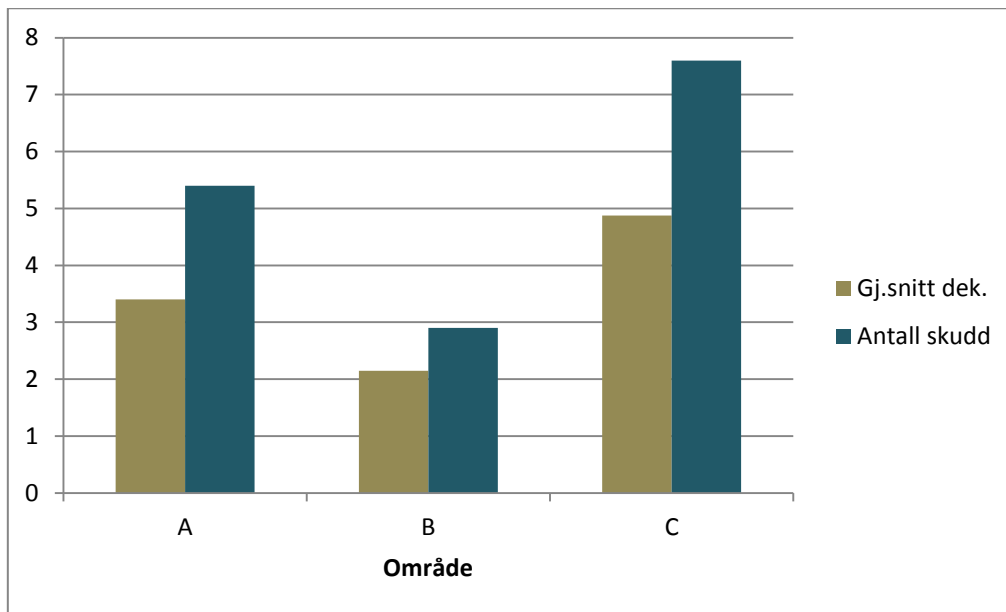


Kruskal-Wallis testen viste at det forelå statistisk signifikant forskjell mellom antall skudd på plantene fra områdene A, B og C ( $\chi^2$  (df = 2, n = 75,) = 25,136, p = 0,000) (Figur 10). Mann-Whitney U testen viste en høyere medianverdi mht. antall skudd på plantene fra område A (Md = 5, n = 25) i forhold til område B ((Md = 3, n = 25), U = 162,5, z = - 2,949, p = 0,03, r = 0,017). Mann-Whitney U testen viste også signifikant forskjell mellom antall skudd med en høyere median for plantene fra område C (Md = 7, n = 25) i forhold til område B, (U = 60,5, z = - 4,924, p = 0,000, r = 0,017). Ingen statistisk signifikant forskjell ble funnet mellom antall skudd på plantene fra område A og C etter Bonferroni-korreksjonen (p = 0,017).



Figur 9. Målt gjennomsnittlig total lengde, lengde til siste skudd, siste-blads lengde og rotlengde (i cm) av plantene (N = 75 (totalt)) i områdene A, B og C i Terjevann.

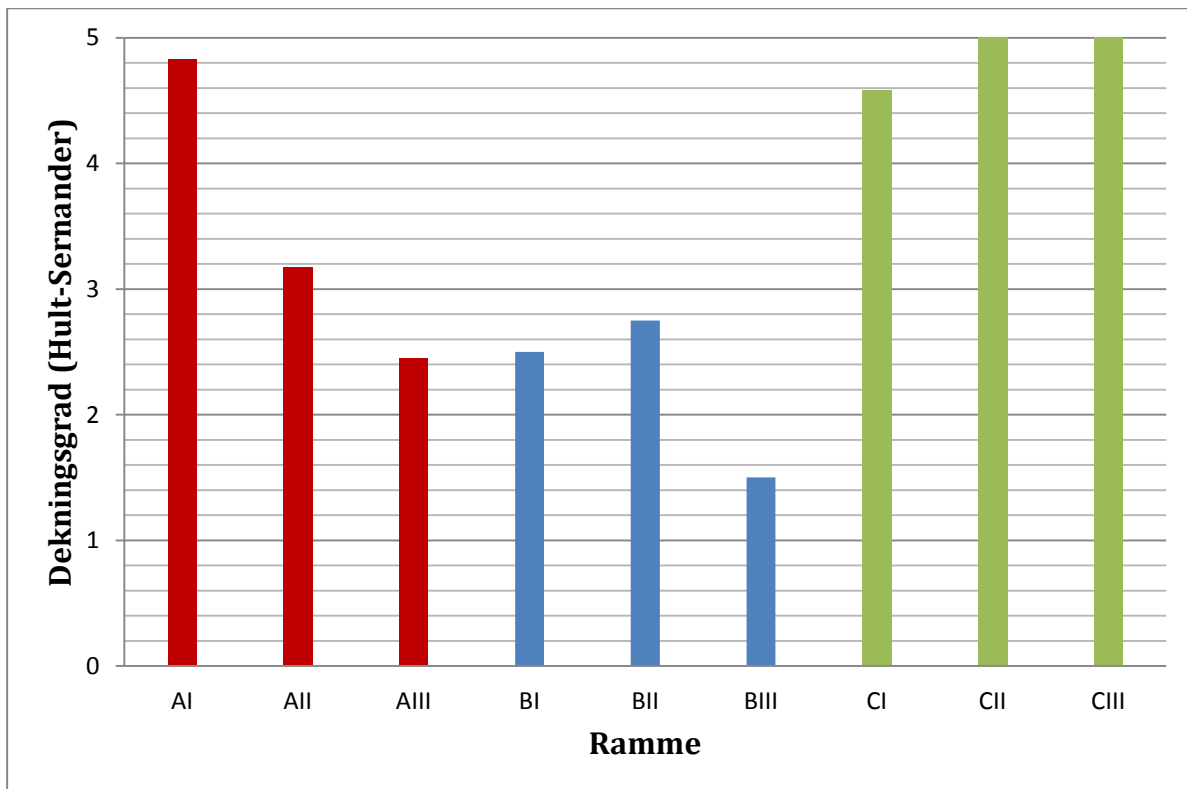




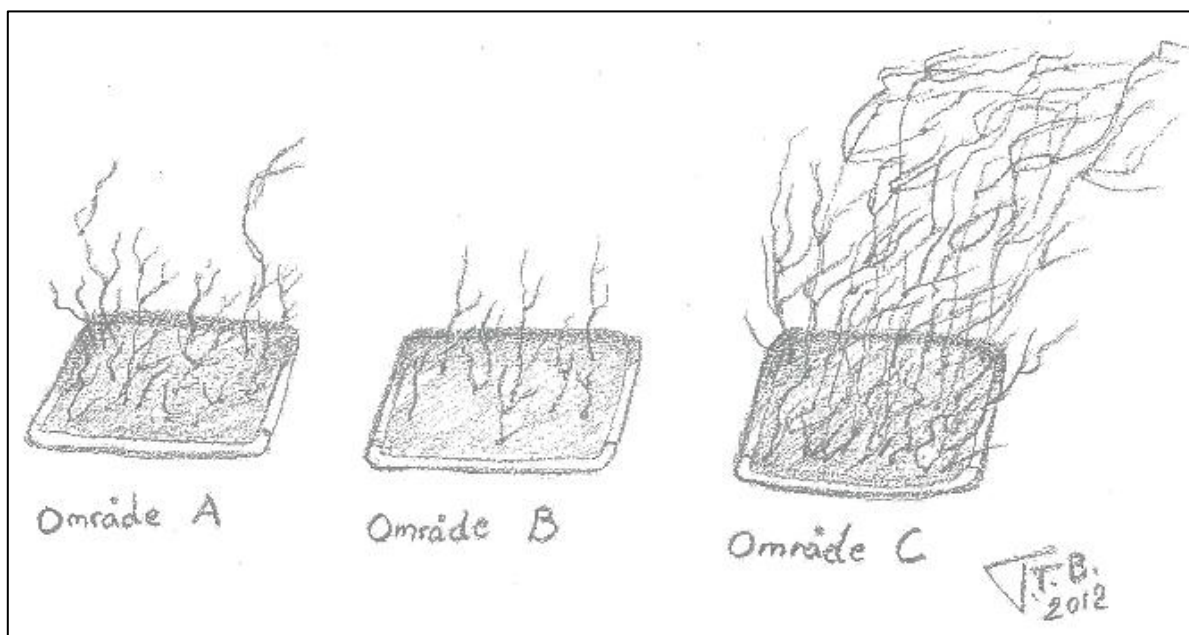
Figur 10. Gjennomsnittlig dekningsgrad (Hult- Sernander) ( $N = 75$ (totalt)) og gjennomsnittlig antall skudd pr. plante i områdene A, B og C i Terjevann.

## 3.2 Dekningsgrad

Område C skilte seg ut ved å ha en høy dekningsgrad (4 – 5) av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i alle rammene. Bortsett fra en nedgang til dekningsgrad 4 i ramme CI i slutten av oktober, hadde alle rammene dekningsgrad 5 gjennom registreringsperioden. Alle rammene i område B hadde lav dekningsgrad (2 – 3) av planter i samme periode. Rammene i område A hadde størst variasjon i dekningsgrad av krypsiv (Figur 11). Ramme AI hadde en gjennomsnittlig dekningsgrad på 4,8 og ramme AIII en gjennomsnittlig dekningsgrad på 2,5. Plantenes utseende avviker fra hverandre mellom de ulike rammene (Figur 12). I ramme CII og CIII vokser krypsiv som overflatematter mens CI har kraftige rosettplanter. Plantene i alle rammene i område B vokser enkeltskuddvis og er lave og spinkle. Plantene i ramme AI vokser som overflatematte mens som rosettplanter i rammene AII og AIII. Nye årsskudd ble først registrert i område B i mars 2012.



Figur 11. Gjennomsnittlig dekningsgrad av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i 3 rammer i perioden 06.07.11 – 14.03.12 i områdene A, B og C i Terjevann.



Figur 12. Illustrasjon av krypsivplantenes (*Juncus bulbosus*) fenotyper i rammene i område A, B og C i Terjevann. Rammene i område C har rosettplanter i ramme CI, mens ramme CII og CIII har overflatematter av krypsiv.

## 3.3 Fysiske parametere

### 3.3.1 Vannshøyde

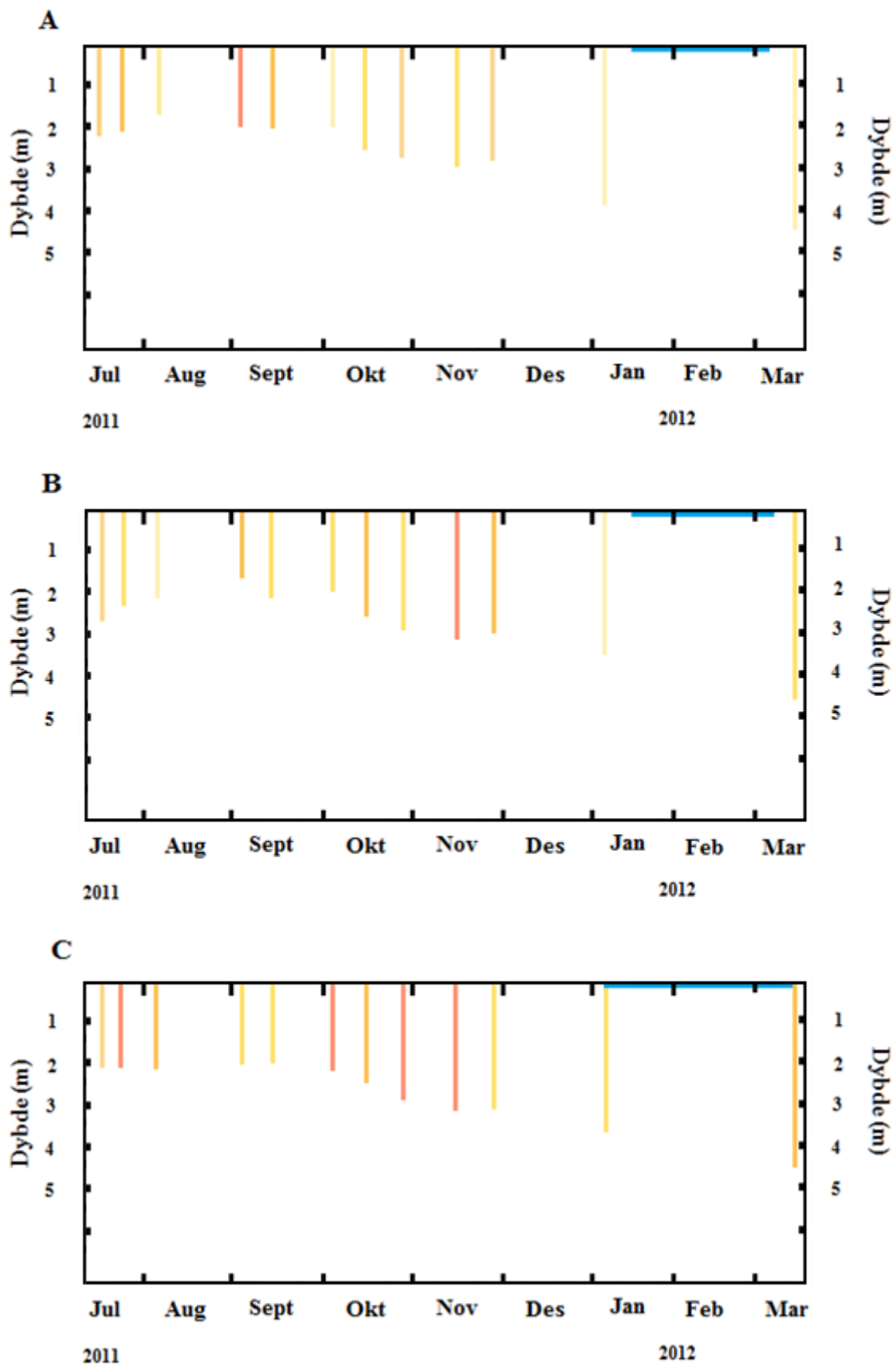
Gjennomsnittlig vannshøyde over rammene I, II og III i område A, B og C er regnet ut fra målinger gjort i tidsperioden 06.07.11 - 14.10.11. Målingene viste størst gjennomsnittlig vannshøyde for rammene BIII og CI (184 cm) (Tabell 2). Dypeste vannshøyde (198 cm) ble registrert 16.09 i ramme CI og den korteste vannshøyden (120 cm) ble målt 02.10 i ramme CII.

*Tabell 2. Gjennomsnittlig vannshøyde og tilhørende vekstform av krypsivplantene (*Juncus bulbosus*) i de ulike rammene i Terjevann. Målingene er gjort i perioden 06.07.11 til 14.10.11. Grønn farge indikerer vannshøyde som vanligvis gir svært god vekst av planten og lysegrønn farge indikerer vannshøyde som normalt gir god vekst. Kategoriene for trivsel av plantene er basert på tidligere observasjoner i ulike lokaliteter fra Johansen m. fl. (2000).*

Ramme	Gjennomsnittlig vannshøyde (cm)	Krypsivform
AI	145	Overflatematte
AII	153	Rosett
AIII	161	Rosett
BI	141	Rosett
BII	160	Rosett
BIII	184	Enkeltskudd
CI	184	Rosett
CII	130	Overflatematte
CIII	136	Overflatematte

### 3.3.2 Siktedyp og vannfarge

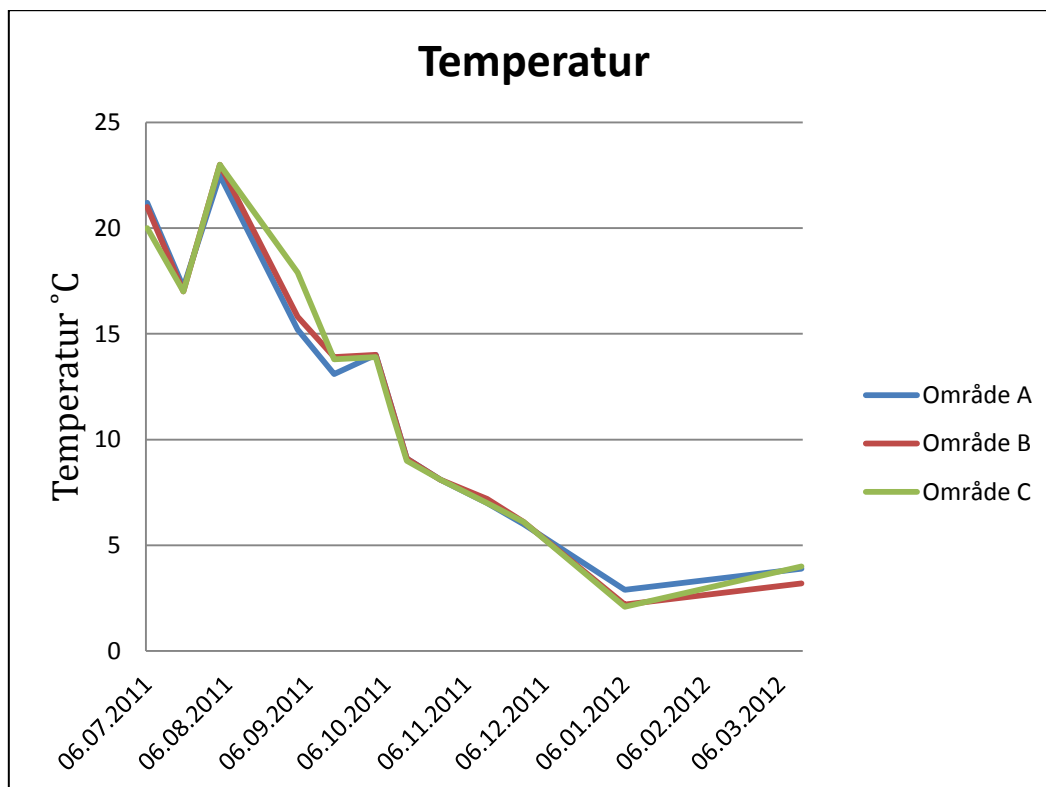
Siktedypet varierte lite mellom områdene A, B og C (Figur 13). Område B hadde størst gjennomsnittlig siktedyp på 2,7 m, mens både område A og C hadde et gjennomsnittlig siktedyp på 2,6 m. Vannfarge på halve siktedyp hadde en tendens til å være mer rødlig i område B.



Figur 13. Siktedyp og vannfarge registrert i områdene A, B og C i Terjevann fra 06.07.11 til 14.03.12. Strekfarge indikerer vannfarge. Blå strek indikerer islagt vann.

### 3.3.3 Temperatur

Generelt var temperaturen på én meters dyp synkende utover høsten og vinteren i alle områdene. Temperaturene begynte å stige igjen i begynnelsen av mars (Figur 14). I gjennomsnitt var temperaturen høyest i område C (11,8 °C) og lik i område A og B (11,7 °C). Område C ble isdekket først, mens områdene A og B var isfrie fram til noen dager senere. Isdekket lå om lag en uke lengre ved område C enn ved de to andre (Figur 13).



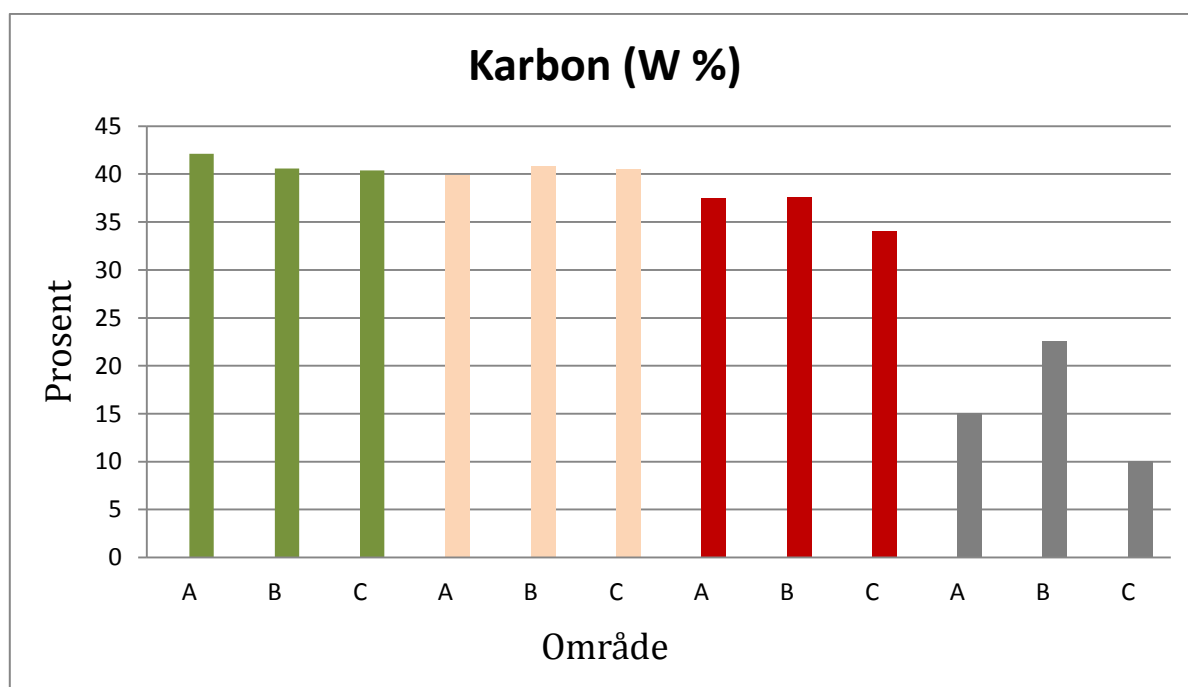
Figur 14. Vanntemperatur på en meters dyp i Terjevann i områdene A, B og C i perioden.

## 3.4 Kjemiske analyser

### 3.4.1 Karbon og LOC

Innholdet av karbon var relativt likt i de ulike plantedelene fra områdene A, B og C med antydningvis noe høyere innhold i de delene som befinner seg i vannmassene, dvs. bladene og pseudorøttene (Figur 15). Bladene fra planter i område A hadde høyest innhold av karbon (42,1 %), sammenlignet med bladene fra område B og C (hhv. 40,6 % og 40,4 %).

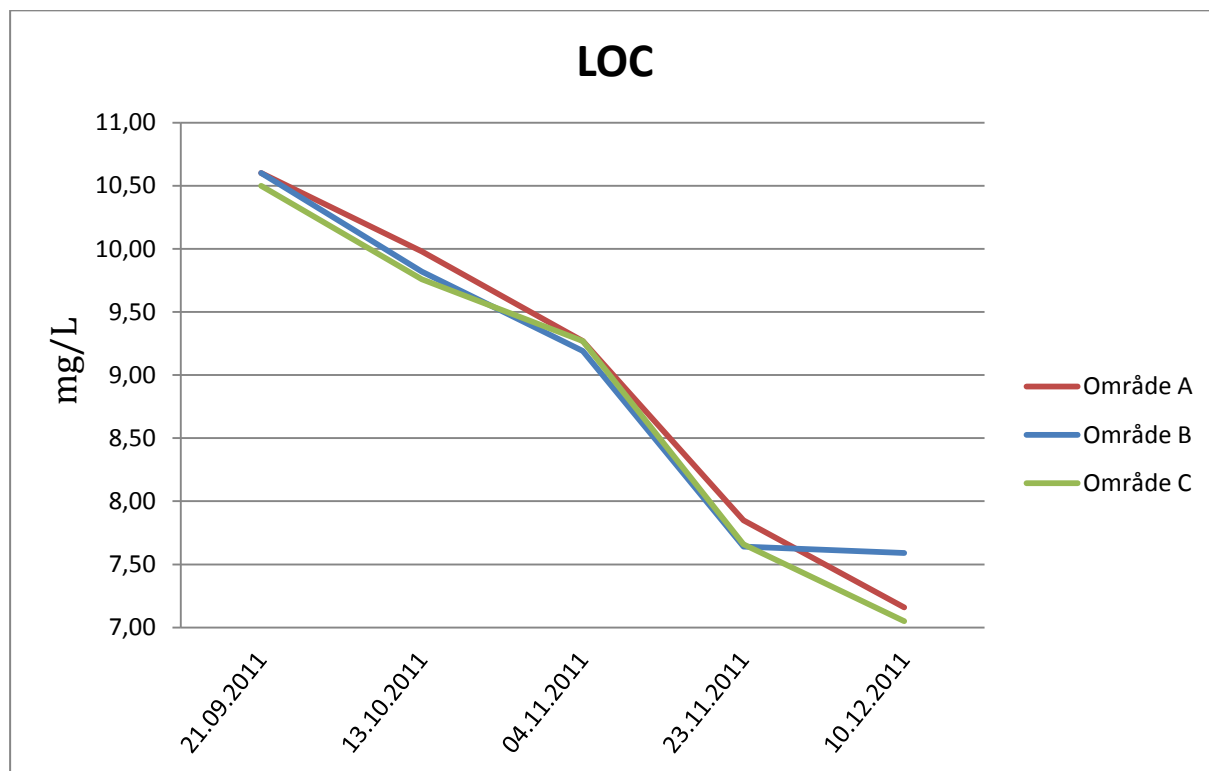
Pseudorøttene fra område B hadde litt høyere innhold av karbon (40,8 %) enn pseudorøttene fra område A (40,0 %) og område C (40,5 %). Karboninnholdet i røttene var høyest i planter i område B (37,6 %) og lavest i røttene fra område C (34,0 %). Karboninnholdet i sedimentet var høyest og mer enn dobbelt så høyt i område B (22,6 %) sammenlignet med område C, hvor karboninnholdet var lavest (10,0 %).



Figur 15. Prosentvis innhold (tørrvekt) av karbon i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter samt i sediment (0-10 cm) (grått) fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

Konsentrasjonen av løst organisk karbon (LOC) i prøvene fra 1,2 meters dyp sank fra rundt 10,5 mg/L i september til rundt 7,7 i slutten av november i alle områdene (Figur 16). Ved

påfølgende måling i desember hadde konsentrasjonen sunket videre i område A og C, mens område B hadde en relativ stabil LOC- konsentrasjon i forhold til i november. Forskjellen var imidlertid liten og målte på siste dato henholdsvis 7,2, 7,6 og 7,1 mg C/L i områdene A, B og C.

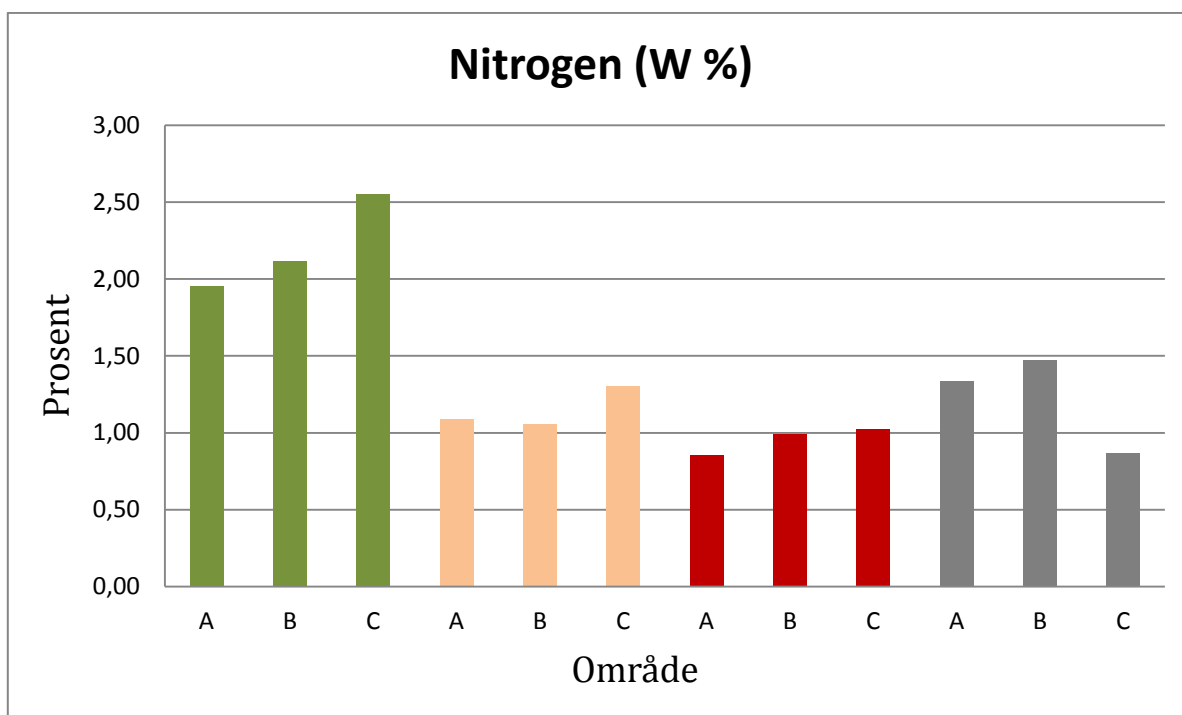


Figur 16. Løst organisk karbon (LOC, mg C/L) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september - desember 2011 (Origo er satt til 7,0 mg/L).

### 3.4.2 Nitrogen

Innholdet av nitrogen (N) varierte mellom de ulike plantedelene og var ca. dobbelt så høyt i blad som i røtter og pseudorøtter (Figur 17). Høyest konsentrasjon av nitrogen ble funnet i bladene i planter fra område C (2,6 %), mens bladene fra område A hadde lavest innhold (ca. 2,0 %). Pseudorøttene inneholdt mer nitrogen enn røttene i alle områdene. Pseudorøttene fra område C inneholdt også mest nitrogen (1,3 %), mens de fra område A og B hadde lavere innhold (1,1 %). Innhold av nitrogen i røttene viste samme tendens ved at område C hadde høyest innhold (ca. 1,0 %) mens de fra område A og B hadde noe lavere innhold, hhv. 0,9 %

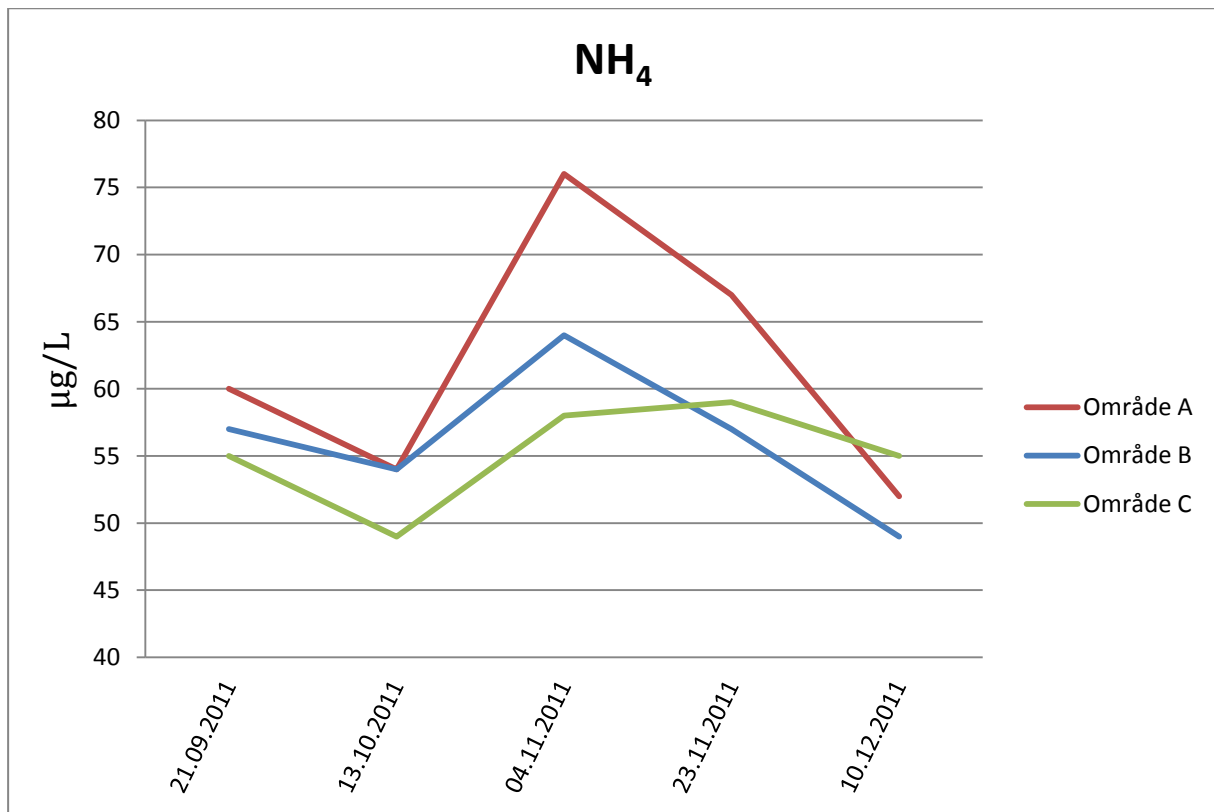
og 1,0 %. Innholdet av nitrogen i sedimentet var lavest i område C (0,9 %) og høyest i område B (1,5 %) og A (1,3 %).



Figur 17. Prosentvis innhold (tørrvekt) av nitrogen (N) i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter samt i sediment (0-10 cm) hentet fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

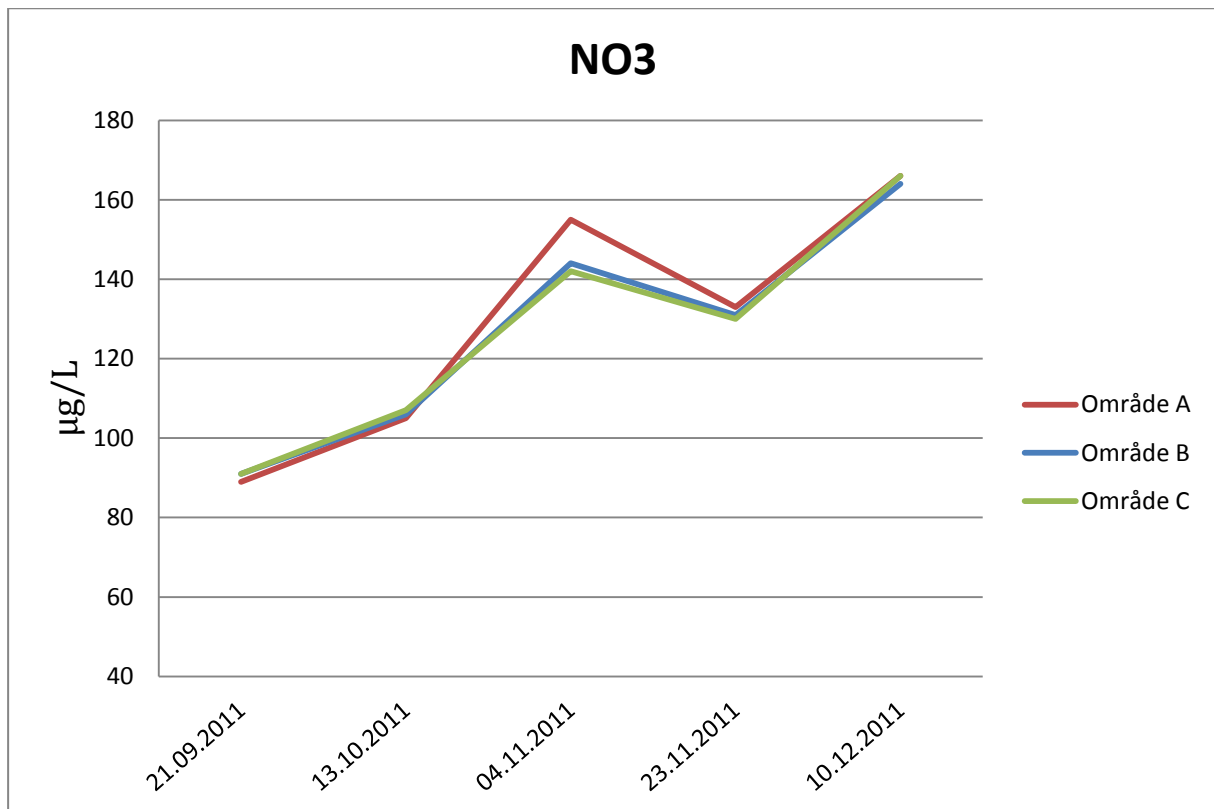
Ammoniumkonsentrasjonen ( $\text{NH}_4$ ) i innsjøen varierte både i tid og mellom de ulike områdene A, B og C i perioden september – desember (Figur 18). Jevnt over var konsentrasjonen høyest i område A og lavest i område C bortsett fra i desember da konsentrasjonen ved C antydningvis var høyest. Den generelle trenden var antydning til reduksjon fra september til oktober, økning i siste halvdel av oktober og så en reduksjon resten av måleperioden. Laveste målte konsentrasjon var  $49 \mu\text{g NH}_4 / \text{L}$  (registrert i område C den 13. oktober og i område B den 10. desember). Høyest målte konsentrasjon ble registrert i område A den 4. november ( $74 \mu\text{g N/L}$ ). Gjennomsnittlig var konsentrasjonen ammonium  $61,8 \mu\text{g N/L}$  i område A,  $56,2$  i B og  $55,2$  i C.





Figur 18. Konsentrasjonen ( $\mu\text{g N/L}$ ) av ammonium ( $\text{NH}_4$ ) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september – desember 2011. ( NB! origo er satt til  $40 \mu\text{g/L}$ .)

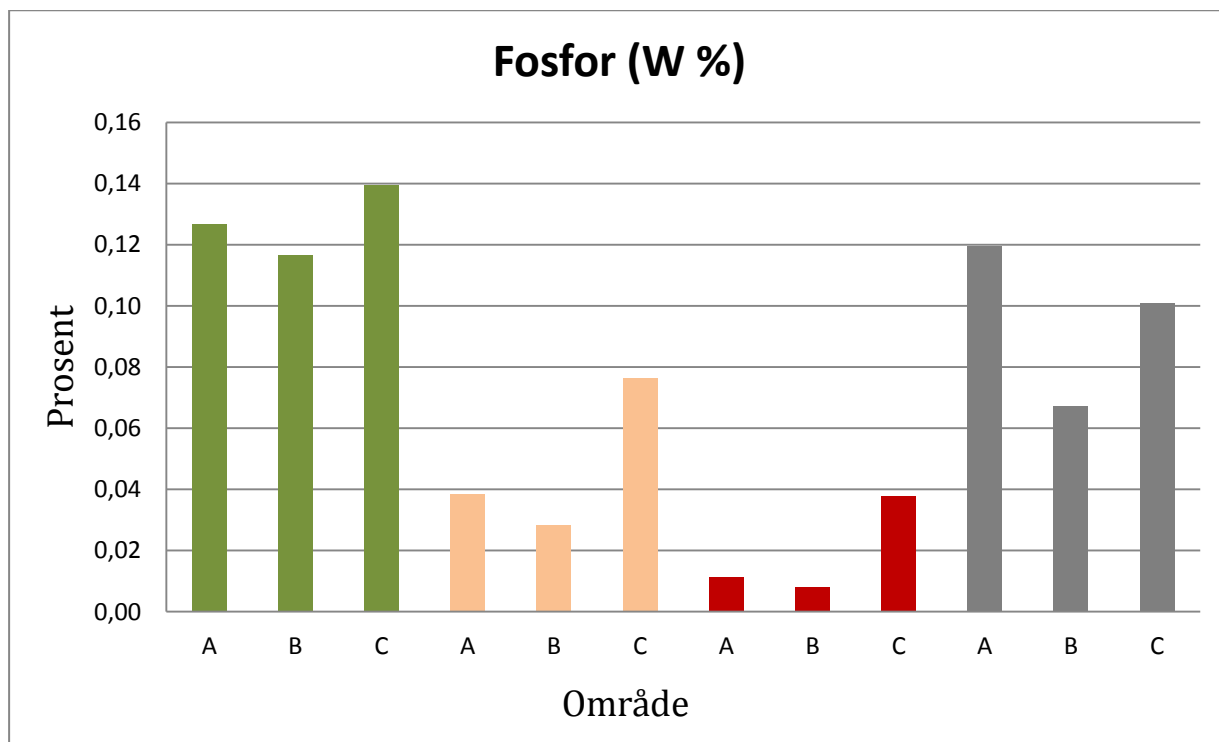
Nitratkonsentrasjonen ( $\text{NO}_3$ ) økte utover høsten og det var generelt liten variasjon mellom områdene A, B og C (Figur 19). Kun 4. november ble det registrert en viss forskjell, da konsentrasjonen av  $\text{NO}_3$  var noe høyere i område A enn i de andre to områdene. Høyeste målte konsentrasjon var  $166 \mu\text{g N/L}$  i områdene A og C mens laveste var  $89 \mu\text{g N/L}$  i område C i september.



Figur 19. Konsentrasjonen ( $\mu\text{g N/L}$ ) av nitrat ( $\text{NO}_3$ ) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september – desember 2011 (NB! origo er satt til  $40 \mu\text{g/L}$ .)

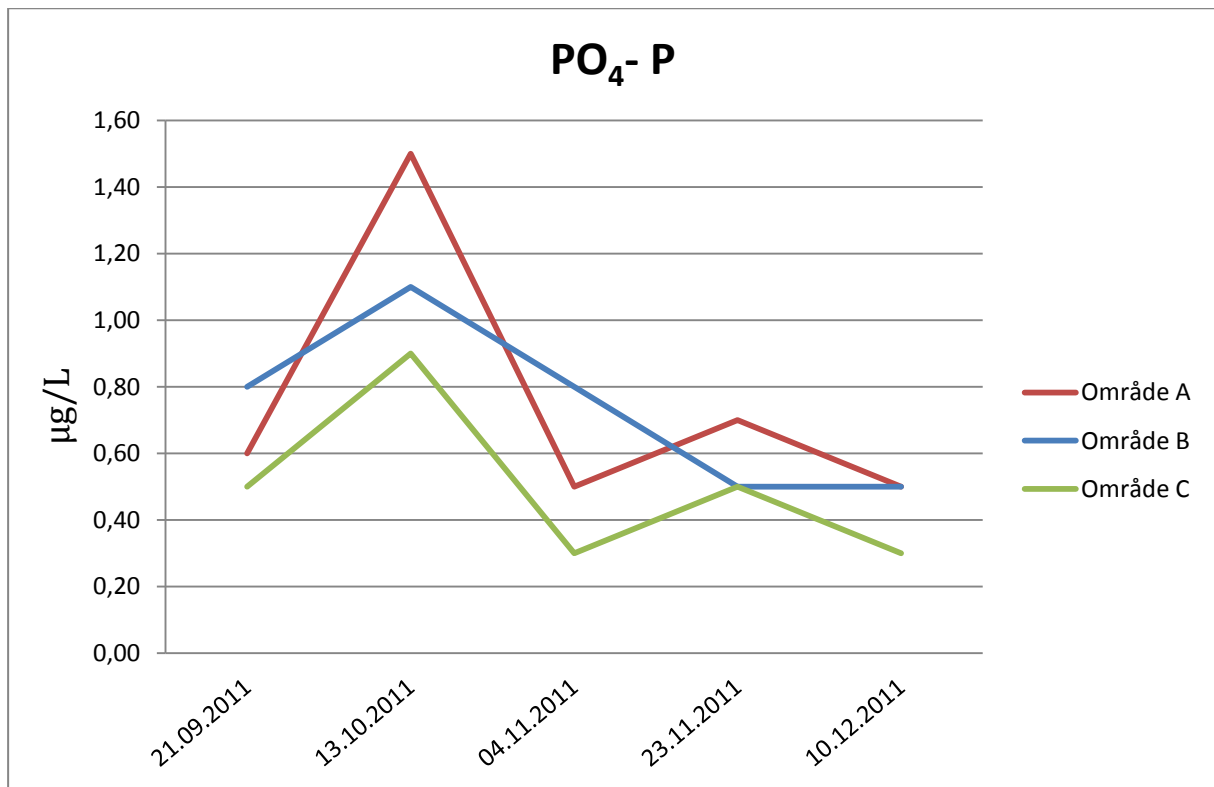
### 3.4.3 Fosfor

Innholdet av fosfor (P) var betydelig høyere i blad enn i pseudorot og rot (Figur 20). Høyest innhold var det i bladene fra planter i område C (0,14 %), mens i planter i område A og B var innholdet noe lavere, hhv. 0,13 og 0,12 % P. Pseudorøttene fra område C hadde også noe høyere innhold av fosfor (0,08 %) enn i områdene A og B som hadde hhv. 0,04 og 0,03 % P. Når det gjelder fosforinnholdet i røttene var dette også høyere i område C (0,04 %) enn i område A og B med rundt 0,01 %. Fosforinnholdet i sedimentet var høyest i område A (0,12 %). Lavest innhold av fosfor i sediment ble funnet i område B (0,07 %) mens sedimentet i område C inneholdt 0,10 % P.



Figur 20. Prosentvis innhold (tørrvekt) av fosfor (P) i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter og i sediment (0-10 cm) (grått) hentet fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

Innhold av total fosfor (Tot-P) i vann hentet fra 1,2 meters dyp ved de enkelte lokalitetene varierte mellom gjennomsnittlig 2,3 og 2,7  $\mu\text{g/L}$ : Gjennomsnittlig hadde område A 2,4  $\mu\text{g/L}$ , område B 2,7  $\mu\text{g/L}$  og område C 2,3  $\mu\text{g/L}$  Tot-P i perioden. Konsentrasjonene av fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) hentet fra samme dyp var svært lave og varierte også i tid og mellom områdene A, B og C (Figur 21). Konsentrasjonen var antydningvis svakt synkende utover høsten. Gjennomsnittlig var fosfatkonsentrasjonen 0,8  $\mu\text{g P/L}$  i område A, 0,7 i område B og 0,5 i område C.

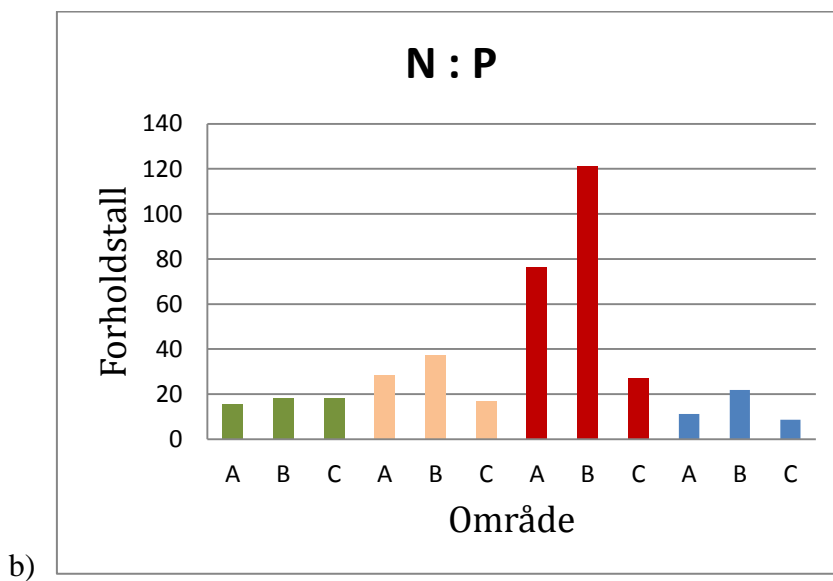
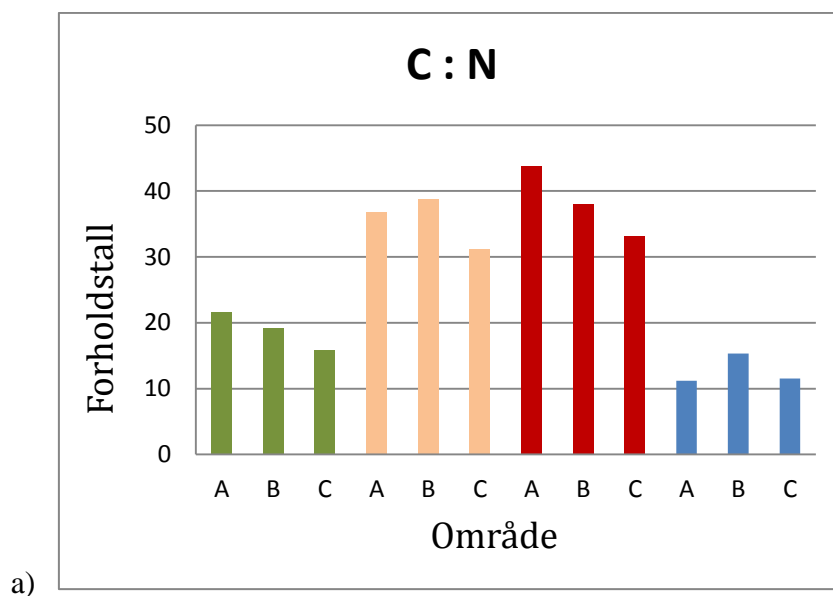


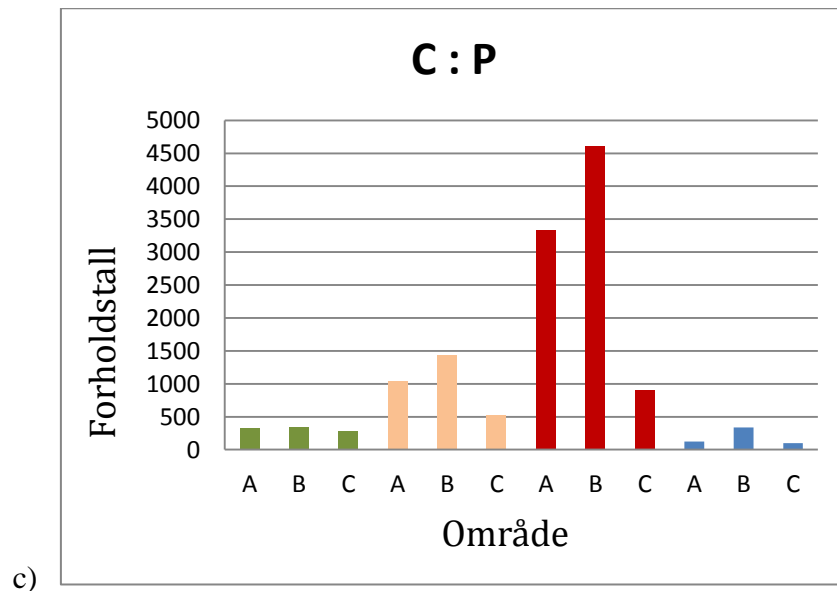
Figur 21. Fosfatkonsentrasjon ( $\mu\text{g P/L}$ ) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september – desember 2011.

### 3.4.4 CNP- forhold

Forholdet mellom C : N var høyest i blad fra plantene fra område A (21,6), lavest i plantene fra område C (15,8) mens forholdet i område B var 19,2 (Figur 22a). I pseudorøttene var C : N høyest i plantene fra område B (38,7) og lavest i område C (31,1) mens i røttene var C : N størst i område A (43,8) og lavest (33,2) i område C. Forholdet mellom C : N i sedimentet var størst i område B (15,3), lavest i område A (11,2). I område C var forholdet mellom C : N i sedimentet 11,5. Forholdet mellom nitrogen og fosfor (N : P) (Figur 22b) var relativt likt i bladene på plantene fra de tre områdene med høyest N : P funnet i plantene fra område C (18,3). I pseudorøttene var N : P høyest i område B (37,1) og lavest i område C (17,1). Forholdet mellom N : P i røttene i områdene A og B (hhv. 76,1 og 121,2) var betydelig høyere enn i område C (27,2). I sedimentet var N : P- forholdet høyest i område B (21,9) og lavest i område C (8,6). Forholdet mellom C : P var generelt lavere i bladene enn i de andre plantedelene (Figur 22c). Høyest var C : P i bladene fra område B (348) og lavest i bladene fra område C (289). Forholdet mellom C : P i pseudorøttene fra område B var høyest (1437) og lavest i pseudorøtter fra område C (532). Røttene fra område A og B viste høye C : P verdier sammenlignet med verdiene i de andre plantedelene. Høyest var forholdet mellom C :

P i røttene fra område B (4603) og lavest i røttene fra område C (903). I sedimentet var C : P forholdet generelt lavt, høyest i område B (335) og lavest i område C (99).

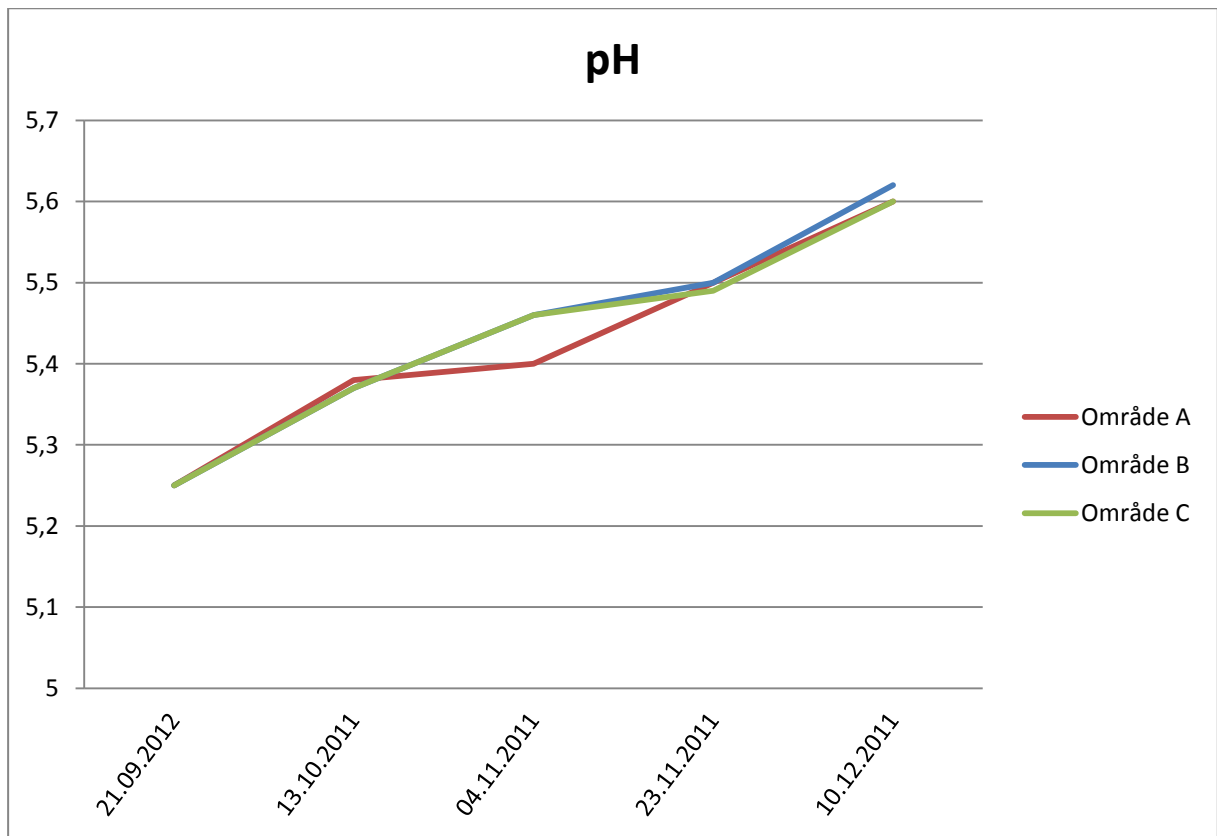




Figur 22. a) Karbon : Nitrogen ( $C : N$ ), b) Nitrogen : Fosfor ( $N : P$ ), c) Karbon : Fosfor ( $C : P$ ) forholdene (i prosent) i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter samt i sediment (0-10 cm) (grått) hentet fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

### 3.4.5 pH

Områdene A, B og C hadde svært lik pH i registreringsperioden med laveste verdi i september (Figur 23). pH økte gradvis utover høsten og viste 5,6 i alle områdene i desember. Område A hadde en noe mindre økning i pH i begynnelsen av november i forhold til de andre områdene.



Figur 23. pH målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september-december 2011 (Origo er satt til 5,0).

## 4 Diskusjon

### 4.1 Vekst og dekningsgrad

Krypsiv (*Juncus bulbosus*) kan ha blad over og/eller under vann. Flytebladene ligger på vannoverflaten som overflatematter, mens undervannsblader er neddykkede. Det antas at én av funksjonene bak tynne blad er en kort diffusjonsvei for CO<sub>2</sub>, noe som passer med krypsivplantens morfologi dersom planten tar opp CO<sub>2</sub> via bladene slik Roelofs m. fl. (1984) og Crawford (1987) kom fram til. Plantene i Terjevann hadde blader som brøt vannoverflaten og dannet overflatematter i rammene AI, CII og CIII. Hvorvidt disse utnytter atmosfærisk karbondioksid er usikkert. Resultatene tyder på at i områder hvor krypsiv har lav dekningsgrad og dermed god plass, som ved område B, resulterer det i at siste-blad på planten er lengre enn i områder med høyere dekningsgrad. En forklaring på dette kan være at det i planter med lengre siste-blad har skjedd en allokering av energi til fotosyntetiserende organer i stedet for energibruk på opprett vekst. På grunn av lav dekningsgrad og mindre konkurranse om lys, trenger plantene i område B heller ikke å være så høye, noe som stemmer godt med at de korteste plantene ble funnet i område B. Plantene i område C derimot allokterer sansynligvis ikke så mye energi til produksjon av lange blad som i områder med mindre tett krypsivbestand. Dette kan forklare at de korteste siste-blad er funnet i område C. I motsetning til i område B vokste plantene i område C svært tett (høy dekningsgrad). Mye energi synes å være brukt på vertikal vekst, siden lengre planter vokser i område C i forhold til plantene i område A og B (Figur 9). Gjennomsnittlig var total plantelengde 22,1 og 23,3 cm lengre i område C enn total lengde på plantene fra område A og B. Ifølge Wielgolaski (1978) går vannplanters røtter sjeldent dypere i sedimentet enn 5 – 10 cm, selv om det finnes unntak. Krypsivplantene fra Terjevann hadde relativt lange røtter i alle områdene (ca. 15 – 20 cm). Det kan se ut som om det er en sammenheng mellom plantenes total lengde og rotlengde, siden røttene på planter fra område C var ca. 5 cm lengre enn planterøttene fra område A og B. Ifølge Hindar m. fl. (2003) er det observert kortere røtter hos svært lange krypsivplanter, fortrinnsvis planter på ca. 3 m. Dette synes ikke å være tilfellet i Terjevann. Vannplanters røtter kan fungere kun som festeorgan, og/eller ha en aktiv funksjon som absorpsjonsorgan av næringsstoffer. Ifølge Wetzel (2001) har mer enn 95 % av akvatiske planter rothår og både disse og lateralt voksende røtter indikerer at roten fungerer som absorpsjonsorgan av forskjellige næringsstoff. Økt forekomst av rothår på røtter av en viss lengde (område C) kan tyde på at plantene effektivt henter næring fra sedimentet. Krypsivplantene i Terjevann lot seg



lett rive opp fra sedimentet og røttene som fulgte med synes å være hele. Det antas derfor at de vokser lateralt og ikke ligger begravd dypt i sedimentet. Antall skudd på plantene i område A og C var ikke signifikant forskjellig, mens område B skilte seg ut ved at plantene hadde svært få skudd (Figur 10). Variasjon i dekningsgrad mellom områdene viste samme tendens som variasjon i de ulike vekstparametrene: Høyest dekningsgrad av krypsiv ble funnet i område C, lavest var dekningsgrad i område B, mens område A stod i en midlere posisjon. Det generelle mønsteret indikerer at det foreligger én eller flere faktorer som forårsaker en mer optimal vekst av krypsiv i område C enn i område A og B i Terjevann.

## 4.2 Fysiske vekstparametere

Generelt kan ikke vannplanter vokse veldig dypt på grunn av økt hydrostatisk trykk ved økende dybde (vannsøyle). Haraldsen (2010) opererer med 7 meter mens andre, deriblant Wetzel (2001), bruker 10 meter som nedre grense for karplanters vekst. I Terjevann finnes krypsiv (*Juncus bulbosus*) ned til ca. 4 meters dyp. Ifølge Johansen m. fl. (2000) er en vekst ned til ca. 4 meter typisk for planten, men optimalområdet antas å være 50 – 150 cm både i elver og innsjøer. Dette betyr at plantene i rammene AI, BI, CII og CIII ligger innen optimalt dybdeområdet hvor det generelt sees *svært god vekst* av plantene, mens plantene som vokser i rammene AII, AIII, BII, BIII og CI ligger i dybdeområdet hvor det generelt sees *god vekst* av plantene (Tabell 1). Ifølge Hindar m. fl. (2003) er det strømhastigheten i vannet som indirekte avgjør om planten når overflaten og dermed får frøsetting eller ikke. Ingen av plantene i Terjevann ble funnet med frøsetting i registreringsperioden, selv ikke hos plantene i rammene AI, CII og CIII, som var overflatemattedannende. Plantene synes derfor å spre seg vegetativt i alle de tre områdene i innsjøen, noe som gjør det vanskelig å avgjøre hvilken underart det er som vokser i innsjøen (J. Proćków pers. med.). Maksimum vannsøyle over rammene ble målt til 198 cm i ramme CI, hvor dekningsgrad var 5 fram til 16. september. Den 27. oktober var dekningsgraden endret til 4. En økning i vannsøylen på 50 cm vil gi et økt trykk tilsvarende 0,05 bar (H. Bakke pers. med.). Det ansees som usannsynlig at den noe økte vannsøylen i CI (tilsvarende en trykkøkning på 0,03 bar) forårsaket nedgangen i dekningsgrad. Utviklingen i ramme CII og CIII skiller seg fra CI ved at plantenes stilker i første omgang, og etter hvert også blader begynte å gulne/bli rødlige rundt midten av oktober. Dette kan skyldes høyere eksponering for temperaturendringer for de overflatemattedannende plantene, og/eller aldersforskjeller mellom plantene. I likhet med ramme CII og CIII vokste plantene i ramme AI som overflatematter, og plantene her var også mer gulig/rødlig på farge enn plantene i

ramme AII og AIII utover høsten. Rosettplantene i ramme BI, BII og BIII viste ingen tegn på å visne og forble grønne gjennom hele vinteren. Plantene i område B var likevel svært puslete i registreringsperioden og så ut til å være status quo hele høsten. I mars 2012 spirte nye rosetter i område B. Den lille forskjellen i vannsøyle over de ulike rammene synes i seg selv ikke å påvirke plantene. Det er likevel mulig at variasjoner i vannsøylen *indirekte* påvirker krypsiv ved å eksponere plantene for temperaturendringer i overflatevannet i Terjevann. Spesielt kan de overflatemattedannende plantene være sårbare for vannstands- senkning og - økning. Siktedypet varierer generelt fra noen få cm i ekstremt turbide, til over 40 m i svært klare vann og korresponderer med hvor mye lys som trenger ned i vannmassene (Wetzel 2001). Siktedyp angir ca. 10 % av overflatelyset (Wetzel 2001). Siden vannplanter krever minst 1 – 4 % av overflatens lysintensitet, vil siktedyp tilsvare omtrentlig dybde hvor vannplanter kan vokse (Økland 1975). Siktedypet varierte lite mellom områdene i Terjevann i registreringsperioden. Lavest gjennomsnittlige siktedyp ble målt i område A og C med 2,64 m, mens område B hadde noe klarere vann (gjennomsnittlig 9 cm høyere siktedyp). Tendensen til høyere siktedyp i område B synes imidlertid ikke å ha påvirket vekst eller dekningsgrad positivt, da område B er det området i Terjevann hvor krypsiv synes å vokse dårligst. Laveste målte siktedyp i de tre områdene var generelt høyere enn 2,0 m med et unntak i område A med et siktedyp på 1,9 m tidlig i august. Ingen av plantene i rammene vokser på dybder > 195 m (maksimalt registrerte, se vedlegg F for detaljer). Variasjon mellom områdenes siktedyp antas å spille liten rolle og kan ikke forklare ulik vekst av krypsiv i de tre områdene i innsjøen. At lysforholdene i innsjøen ikke utgjør en minimumsfaktor for krypsivplantene i Terjevann støttes av at planten har et lavt lyskompensasjonspunkt ( $1.5 - 6 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ )<sup>6</sup> (Wetzel m. fl. 1984). Dette gjør at planten kan vokse under forhold med lite lys (tilsvarer  $0,33 - 1,32 \text{ W}/\text{m}^2$ ), samtidig som plantens vekstsesong forlenges (Hindar m. fl. 2003). Johansen m. fl. (2000) nevner at isdekke hindrer lyspartikler i effektivt å trenge ned til plantene. Forskjellen mellom områdene A, B og C mht. islegging var liten (ca. 3 uker lengre periode med islegging i område C) i Terjevann, hvor det var best plantevekst. Dette kan tyde på at forskjellen i isleggingsperiode ikke har vesentlig betydning for plantevekst i innsjøen. Generelt er temperaturoptimum for vannplanters fotosyntese ca. 20 °C (Aarnes 2003). Krypsiv er intet unntak: Planten er observert å ha god årsvekst ved temperaturer rundt 20 °C

---

<sup>6</sup> 1 E = 1 Einstein = 1 mol fotoner.

(Bellemakers m. fl. 1996, Hindar m. fl. 2003). Vanntemperaturen i Terjevann lå opp mot dette fra juli til slutten av august 2011 (Figur 14). Plantene var grønne i alle områdene i denne perioden. Fra september til oktober avtok temperaturen gradvis i innsjøen. Registreringen av dekningsgrad i denne perioden varierte (noe som kan skyldes bedre sikt for observatør) og gir derfor ikke entydig beskrivelse av planteveksten. Liten plantevekst i perioden stemmer overens med hva Svedäng (1990) fant i sine undersøkelser i årene 1984 – 1986 - at krypsiv vokste minst i august. Svedäng (1990) fant at planter som vokste ned til 1,5 m. dybde fortsatte å vokse helt ned til 4 °C, mens planter som vokste grunnere (0,5 m) sluttet å vokse ved samme temperatur. Kun overflatemattene i CII, CIII og AI lå så grunt da vannet i innsjøen hadde temperatur < 4 °C. Den 6. januar 2012 var temperaturen på en meters dybde 2,9 °C i område A, 2,2 °C i område B og 2,1 °C i område C. Dersom plantene i Terjevann responderer på samme måte på temperaturendringer som Svedäng (1990) fant i sin undersøkelse, vil dette bety at aktiv vekst av alle *rosettdannende* planter kunne fortsatt fram til desember. Ingen av plantene i Terjevann viste imidlertid tegn til vekst før registreringen i mars. Selv om dekningsgrad var 5 både i ramme CII og CIII gjennom hele registreringsperioden, bar plantene preg av å være gamle (farge var gul/rød og de lå flatt i vannmassene) ved de to siste registreringene. I disse to rammene i område C med overflatemattedannende planter, var pseudorøttene det mest iøynefallende på de tre siste registreringsdatoene. Det er uvisst hva slags funksjon slike pseudorøtter har. En forklaring kan være at de fungerer som «flyteballonger», som holder de visnende plantene oppe i vannmassen så lenge som mulig (Figur 24). Generelt kan en forhøyet lufttemperatur som er registrert de siste årene ved DNMI-klimastasjonen ved Kjevik være fordelaktig for krypsivplantenes vekst. Dette fordi milde vintre gir høyere vanntemperatur, manglende islegging og mekanisk fjerning av krypsiv. Imidlertid vil en endring i lufttemperatur ha lik effekt i alle de undersøkte områdene i Terjevann. Hindar m. fl. (2003) påpeker at siden planten vokser selv ved lave temperaturer i vannet og har god vekst ved 20°C, kan temperatur være en mindre egnet måleparameter mhp. å forklare vekst av krypsiv. Da forskjellen i vanntemperaturen var liten mellom de tre områdene, antas det at denne parameteren ikke kan forklare observerte forskjeller i verken plantevekst eller dekningsgrad mellom de tre områdene A, B og C i Terjevann.



Figur 24. Overflatemattene ved område C visnet i løpet av høsten 2011 og forble gulrøde gjennom vinteren. «Pseudorøttene» er tydelige i vannoverflaten. Foto: T. T. Bakke.

### 4.3 Kjemiske parametere

Mens terrestriske planter har et gjennomsnittlig innhold av karbon på ca. 51 %, har vannplanter vanligvis et innhold på ca. 38 % (Mysterud m. fl 2011, sitert i: Fosholt-Moe 2012). Krypsiv (*Juncus bulbosus*) er en plante som står i en mellomstilling, med ca. 45 % karbon (Fosholt-Moe 2012). I Terjevann var innhold av karbon i plantenes blad ca. 41 %. Forskjellen i karboninnhold i plantene er i hovedsak ikke stor mellom område A, B og C. Lavest var innholdet i røttene på plantene fra Terjevann, noe som står i motsetning til hva Fosholt-Moe (2012) fant i 2012. Dette kan bety at krypsivplantenes røtter i Terjevann ikke fungerer som lager av karbon, eller at røttene ikke i særlig grad tar opp CO<sub>2</sub>. Røttene på plantene fra Terjevann var de delene av plantene hvor det er en viss forskjell i karbon innhold mellom områdene. Røttene på plantene fra område C har ca. 3 % mindre karbon enn røttene

på plantene i område A og B. Denne forskjellen kan skyldes forskjeller i *tilgjengelighet* av karbondioksid i sedimentet i de ulike områdene, siden en forskjell i sediment kan forårsake ulik opptaksstrategi av karbondioksid hos krypsiv (Wetzel m. fl. 1985). Høyest innhold av karbon i sedimentet ble funnet i område B (ca. 23 %), mens innholdet var rundt 15 og 10 % i område A og C. Forskjellene kan komme av ulikheter i topografi/tilrenning med en høyere tilførsel av organisk materiale til område B enn til område A og C. En annen mulighet er at krypsiv (eller andre vannplanter) har tidligere vært mer utbredt i område B og at det som observeres i sedimentet er rester etter disse. Det er også viktig å nevne at under homogeniseringen av sedimentet, ble det både i område A og B gjort funn av kullbiter (som sannsynligvis stammer fra bålrester). Kull vil bidra til økt mengde karbon. Ifølge Hindar m. fl. (2003) er krypsiv selv i stand til å modifisere substratet den vokser på ved å fange og akkumulere organisk materiale. Dette *kan* peke i retning av at krypsiv har lengre historie i område A og B enn i område C, men dette er usikkert. Når det gjelder innhold av nitrogen i plantevevet, er det funnet av Gerloff og Krombholz (1966) at kritisk nivå for vannplanter generelt er 1,3 % N. Demars og Edwards (2007) påpeker imidlertid at planter har store interspesifikke behovsforskjeller for næringsstoff og at begrepet «kritisk nivå» må brukes med forsiktighet. Ser vi på innholdet av nitrogen i de grønne delene (bladene), viser resultatene at ingen av plantene i Terjevann ligger under det kritiske nivå (1,3 %). Tidligere undersøkelse av nitrogen i krypsiv har vist at nitrogeninnholdet i planten varierer; Mens Aulio (1986) fant nivåer fra 1,7 – 2,5 %, fant Fosholt-Moe (2012) et gjennomsnittlig nitrogeninnhold på 1,7 %. I Terjevann ble høyest nitrogeninnhold funnet i plantenes blad fra område C (2,6 %). En mulig forklaring på det høyere N-innholdet i plantene i område C, kan ligge i bedre *tilgjengelighet* av nitrogen. I område A og B, hvor plantenes N-innhold er lavere, kan det være at nitrogen er sterkere bundet til ulike komponenter i sediment eller vannmasse slik at plantene ikke så lett får tak i det. Denne forskjellen i tilgjengelighet kan skyldes den forskjell som sees mellom områdenes sediment. Dette er i samsvar med at det i område A og B også ble funnet litt høyere nitrogennivå i sedimentet enn i område C. En annen mulig forklaring på forskjellen kan være at krypsiv på grunn av mer plantemasse i område C, i større grad tar opp nitrogen fra vannet og dermed reduserer sedimentasjon av nitrogen via nedbør. Nitrogenet i plantene må komme fra et sted: Ifølge Schuurkes (1986) tas nitrogen opp av krypsiv hovedsaklig på ammoniumsform ( $\text{NH}_4^+$ ) (71-82 %) gjennom bladene, noe som passer med observasjonene i Terjevann. Når det gjelder nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), har både Roelofs m. fl. (1984) og Schuurkes (1986) funnet at krypsiv endrer strategi og benytter nitrat først etter 7-14 dager med «ammoniumsult». Da konsentrasjonen av ammonium aldri ble målt lavere enn 49  $\mu\text{g}$

$\text{NH}_4/\text{L}$  er det tvilsomt at plantene hadde for liten tilgang på ammonium. Ingen av plantene fra Terjevann synes å lide av mangel på nitrogen. Veksten er imidlertid best i område C, hvor nitrogeninnholdet er høyest i alle plantedelene. I tillegg til nitrogen er fosfor (P) et viktig næringsstoff for planter, og regnes for å være den sterkeste begrensende faktor for vekst av planter i ferskvann (Wetzel 2001). Ifølge Gerloff og Kromholz (1966) vil et fosforinnhold  $< 0,13\%$  i plantevevet medføre redusert vekst for vannplanter. Krypsiv er regnet for å være en lite næringskrevende plante (Johansen m. fl. 2002), og Mjelde (2004) fant til og med at eksperimentell tilsetning av fosfor syntes å svekke veksten. Noe fosfor er likevel nødvendig for plantene: Baar m. fl. (2011) fant i en undersøkelse av 16 innsjøer med lav trofigrad at det var et mutualistisk forhold mellom en mycorrhiza-sopp og krypsiv. De antok at fosforinnholdet var såpass lavt i innsjøene at krypsiv lever i symbiose med sopp (phylum glomeromycota) for å skaffe nok fosfor. Det mest omfattende arbeidet med tanke på fosforinnhold i krypsiv kom i 2012, hvor det ble funnet at krypsivplanter gjennomsnittlig inneholdt  $0,16\%$  fosfor (Fosholt-Moe 2012). I Terjevann hadde krypsivplantenes blad fra område C et noe høyere innhold av fosfor ( $0,14\%$ ) enn plantene i områdene A og B (hhv.  $0,13$  og  $12\%$ ). Både blad fra planter i område A og B inneholder mindre fosfor enn kritisk nivå ( $0,13\%$ ). Siden laveste fosforinnhold ble målt i blad fra plantene i område B, kan lav vekst og lav gjennomsnittlig dekningsgrad i krypsivplanter fra område B i Terjevann skyldes fosformangel. Plantene fra område A lå så nær kritisk nivå av fosfor at det ikke tillegges mye vekt for plantenes utbredelse her. Røttene og pseudorøttene fra område C hadde også et høyere innhold av fosfor enn hva som ble funnet i område A og B. Område C hadde best vekst og størst gjennomsnittlig dekningsgrad i perioden, noe som kan tyde på at krypsiv *trenger* en viss mengde fosfor for å vokse optimalt. Antydningen til lavere konsentrasjonen av  $\text{PO}_4\text{-P}$  i område C indikerer et høyere fosforopptak fra vannmassene i dette området. Fosforinnholdet gjenspeiler ikke veksten entydig, da høyest konsentrasjon ble påvist i område A og lavest i område B. Når det gjelder C : N, reflekterer ratioen plantenes kvalitet (næringsstress), dess lavere ratio, dess høyere kvalitet har plantene. Høyest C : N ble funnet både i blad, røtter og pseudorøtter fra plantene i område A og B. Dette kan tyde på at krypsivplantene i disse områdene er under en viss form for stress med tanke på å anskaffe seg nok nitrogen i forhold til karbon. Blad fra plantene i område C hadde lavere C : N. Dette kan bety at plantene er mindre stresset på nitrogentilgang i forhold til plantene i de andre to områdene, og kan forklare at best vekst og høyest dekningsgrad av krypsiv ble funnet i område C. Høy C : N både i bunnfaste røtter og pseudorøtter i område A og B korresponderer med mindre vekst av plantene. Fosholt-Moe (2012) fant et liknende resultat i sine

undersøkelser fra 2012 og forklarer en høyere C : N i røttene i små versus lange planter med at små planter er mer avhengig av rotseksjonen enn lengre planter. Det at plantene i område C har en lavere C : N for både pseudorøtter og bunnfaste røtter styrker nevnte teori. Tidligere undersøkelser av N : P i krypsivets plantevev er oppsummert og forsket videre på av Fosholt-Moe (2012). Resultatene er sprikende; Aulio (1987) fant en høy N : P ratio på 255, Roelofs m. fl. (1994) så på forskjell i elementinnhold i forbindelse med kalking, og fant høyere N : P i planter fra kalkede innsjøer (33) i forhold til ukalkede innsjøer (12). Fosholt-Moes egne resultater fra 112 innsjøer gav en N : P ratio i krypsivplanter på 31 (Fosholt-Moe 2012). I Terjevann var N : P ca. 18 % i bladene til plantene fra både område B og C og ca. 15 % i bladene på plantene fra område A. Forskjellene i N : P i område C var små mellom blad, pseudorøtter og røtter og det var dessuten et lavt forhold i sedimentet. I og med at den kraftigste veksten ble funnet i område C, kan dette bety at krypsivplantene i området har tilstrekkelig med de næringsstoffene de trenger for å leve under mer optimale vekstforhold. Det virker videre som om krypsiv er avhengig av å ha nok fosfor i forhold til både nitrogen og karbon for å vise god vekst og høy dekningsgrad, slik det ble observert i område C i Terjevann. I motsetning til hva Fosholt-Moe (2012) fant i sine undersøkelser (dvs. ingen forskjell i N : P- forholdet mellom rot og skudd), ble det i Terjevann påvist en tydelig forskjell i N : P mellom ulike plantedeler i plantene fra område A og B. Både pseudorøttene og røttene i område A og B hadde høy N : P, hhv 27 og 86 i område A og 35 og 99 i område B. Siden vekst og dekningsgrad i disse to områdene var lavere sammenlignet med område C, kan også dette indikere at plantene lider av mangel på fosfor i forhold til nitrogen og karbon. Andre faktorer som kan påvirke veksten av krypsiv er CO<sub>2</sub>, LOC og pH. Arten er kjent for å kunne leve i innsjøer ned til pH 3 (Fyson 2000). Årsaken til god vekst i sure habitat kan tilskrives til dels bikarbonatsystemet og til dels andre kanskje mindre åpenbare faktorer. Både uorganisk karbon og nitrogen påvirkes av pH. Ved pH < 6,0 foreligger uorganisk karbon i det vesentlige på CO<sub>2</sub>-form (Wetzel 2001) i tillegg til at lav pH opprettholder/øker mengden nitrogen på ammoniumsform på grunn av en redusert nitrifikasjonsprosess (Roelofs m. fl. 1984). Krypsiv kan kun utnytte fritt CO<sub>2</sub> (Aulio 1986, Svedäng 1990, Johansen m. fl. 2000, Hindar m. fl. 2003) og vil derfor trives i områder hvor pH er lav. I Terjevann var pH generelt lavere enn 5,7 i måleperioden. Konsentrasjonen av LOC avtok fra september til desember 2011 som følge av høstsirkulasjonen og innblanding av vannmasser med lavere innhold av LOC. Forskjellene i LOC mellom områdene A, B og C var marginale.

## 4.4 Andre faktorer som kan påvirke vekst av krypsiv i Terjevann

En fysisk parameter som ikke ble målt i Terjevann er vannhastighet/strømningsforhold: Område C, hvor krypsivplantene (*Juncus bulbosus*) var størst og dekningsgraden var høyere enn i område A og B, ligger delvis skjernet nedstrøms en liten holme. Dette bekrefter dermed det flere krypsivforskere tidligere har påpekt – at krypsiv oppnår best vekst i bakevjer (se bl. a. Brandrud 1995, Hobæk m. fl. 1996 og Fosholt-Moe 2012). En annen faktor som kan spille inn, er kvaliteten på sedimentet. Ved område C består nedbørfeltet av granskog, hvis strøfall, ifølge Bjerketvedt og Pedersen (1996) inneholder mer  $\text{Ca}^{2+}$  enn løvskog. Under feltarbeidet ble det observert at sedimentet dypere enn ca. 5 cm i område C er grålig, og nærmer seg hvitt. Sedimentet synes å inneholde kalk med utfelling av rødlige korn (antatt å være jern- eller mangannoduler) og det spekuleres i hvorvidt det har skjedd en dumping av kalk i denne bukta i innsjøens tidlige kalkingshistorie. Dersom dette er tilfellet, vil det kunne være en viktig faktor i å forklare den høye dekningsgrad og gode vekst av krypsiv i område C. Som nevnt av Spierenburg m. fl. (2009), kan kalking føre til en mobilisering av  $\text{CO}_2$  og  $\text{NH}_4^+$  fra sedimentet. Dette vil være fordelaktig for vekst av krypsiv hvis planten foretrekker  $\text{NH}_4^+$  som nitrogenkilde, som funnet av Roelofs m. fl. (1984) og Schuurkes (1986), og foretrekker  $\text{CO}_2$  som karbonkilde (Roelofs 1983). Dekningsgrad og vekstforskjeller kan dessuten forklares med at plantene har ulik alder i de ulike områdene. I slutten av 2011 og begynnelsen av 2012 var overflatemattene i ramme CII, CIII og AI gule/rødlige, mens rosettplantene i område B fortsatte å være grønne. Plantene kan derfor være i ulike suksesjonsstadier. Eldre planter i område C vil ha hatt lengre tid til å akkumulere nitrogenet inn i ulike plantedeler.



## 5 Konklusjon

Utbredelsen av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i Terjevann er vesentlig forskjellig i områdene A, B og C. Resultater av målinger av total lengde, lengde til siste skudd, antall skudd og rotlengde viser statistisk signifikante forskjeller, hvor område C skiller seg fra de to andre områdene ved at plantene er lengre, har lengre røtter og høyere dekningsgrad av plantene. De korteste plantene og lavest dekningsgrad er funnet i område B. Fysiske parametere som vannsøyle, siktedyp (lys) og temperatur synes ikke å forklare hva som forårsaker forskjellen i vekst av krypsiv da parameterne varierer lite mellom de tre områdene. pH var lav ( $< 6$ ) slik at karbon var tilgjengelig for krypsivplantene i form av  $\text{CO}_2$ . Imidlertid varierer pH lite mellom de tre områdene. Heller ikke andre kjemiske parametere som LOC,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{PO}_4^{3-}$  viser vesentlig forskjell mellom områdene, selv om det er en antydning til lavere verdier av  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  og  $\text{PO}_4^{3-}$  i område C i forhold til i område A og B. Forskjellene er likevel så små at de vanskelig kan forklare forskjellene i vekst, men er, i likhet med de fysiske parametere, faktorer som legger *forholdene til rette* for plantens trivsel og utbredelse. Resultatene av de kjemiske analysene av *selve plantematerialet* viser større forskjeller mellom områdene: Blad fra plantene i område C har både høyere innhold av nitrogen (N) og fosfor (P) i forhold til blad fra plantene i de andre to områdene. I tillegg er C : N og N : P generelt lavere i plantevevet fra område C hvor plantene viser best vekst. Dette indikerer at forholdet mellom næringsstoffene C, N og P er mer optimalt i plantene i område C. Plantene i område A og B har høy C : N, noe som muligens kan forklare den begrensede planteveksten. Plantene i område B kan dessuten lide av mangel på fosfor, siden plantenes blad inneholder mindre fosfor enn den antatte grenseverdien for vannplanter (0,13 %). Opptak og tilgjengelighet er ikke undersøkt i Terjevann, men forskjellene i krypsivets plantevev kan tyde på at både nitrogen og fosfor er mer tilgjengelig i område C enn i de to andre områdene og at dette kan forklare forskjellen i vekst.

Konklusjonen er at tilgang på og støkiometrisk riktig opptak av karbon, nitrogen og fosfor bidrar til god plantevekst. Utfordringen videre blir bl.a. å forklare årsaken(e) til forskjellig opptak av næringsstoffene samt studere mulige effekter av ulike forhold i sediment og porevann i de tre områdene.

# Referanser

- Aarnes, H. (2002). Plantefysiologi, Biologisk Institutt, UiO. Tilgjengelig fra <http://www.mn.uio.no/bio/tjenester/kunnskap/plantefys/plfys/> [Lest 12.03.11]
- Aarnes, H. (2003). Økologi, Biologisk institutt, UiO. Tilgjengelig fra [www.mn.uio.no/bio/tjenester/kunnskap/plantefys/okologi/okologi.pdf](http://www.mn.uio.no/bio/tjenester/kunnskap/plantefys/okologi/okologi.pdf) [Lest 12.03.11]
- Aarnes, H. (2011). Planteøkofysiologi, Vannplanter, Biologisk institutt, UiO. Tilgjengelig fra [www.mn.uio.no/bio/tjenester/kunnskap/plantefys/okologi/vann.html](http://www.mn.uio.no/bio/tjenester/kunnskap/plantefys/okologi/vann.html) [Lest 29.12.11]
- Andersen, D.O. og Pempkowiak, J. (1999). Sediment content of metals before and after lake water liming. *Sci Tot. Environ.* 244: 107-118.
- Andersen, D. O. (2005). Labile aluminium chemistry downstream a limestone treated lake and an acid tributary: Effects of warm winters and extreme rainstorms. *Sci Tot. Environ.* 366 : 739 – 748.
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K. E. (2012). Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. *Atmosfærisk tilførsel, 2011*. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning. Klif rapport nr. 1126/2012. 209 s.
- Aulio, K. (1986). Elemental composition of *Juncus bulbosus* in an Acidified Freshwater Reservoir. *Envir. Pollut.* 44: 1 – 11.
- Balslev, H. (1996). *Juncaceae. I: Flora Neotropica Monographs* 68: 1-163.
- Balslev, H. (1998). *Juncaceae. I: K. Kubitzki (ed.). The families and genera of vascular plants IV: 252–260*. Springer, Berlin.
- Bellemakers, M. J. S., Maessen, M., Verheggen, G. M. og Roelofs, J. G. M. (1996). Effects of liming on shallow acidified moorland pools: a culture and a seed bank experiment. *Aquat. Bot.* 54: 37–50.
- Demars, B. O. L. og Edwards, A. C. (2007). Tissue nutrient concentrations in freshwater aquatic macrophytes: high inter-taxon differences and low phenotypic response to nutrient supply. *Fresh. Bio.* 52: 2073 – 2086.
- Bjerketvedt, D. og Pedersen A. (1996). *Grunnleggende Biologi og miljølære*, Landbruksforlaget, Oslo. s. 13, 74, 145.
- Bobbink, R. og Roelofs, J. G. M. (1995). Nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems: the empirical approach. *Water Air Soil Pollut.* 85: 2413 – 2418.

- Brandrud, T. E. (1995). Virkning av kalking på krypsiv og annen begroing i Otravassdraget. En konsekvensutredning. NIVA-rapport lnr. 3266-1995. 81 s.
- Brandrud, T. E. og Johansen, S.W. (1992). Flotgras og krypsiv i terskelbasseng i Otra: Pilotforsøk med testing av frosttoleranse. NIVA-rapport lnr. 2773-1992. 12 s.
- Brandrud, T. E. og Johansen, S. W. (1997). Tiltak mot krypsiv. Vegetasjonsfjerning i Sveindalsområdet i Mandalsvassdraget 1996. NIVA-rapport lnr. 3759-1997. 26 s.
- Brandrud, T. E. (2000). Effekter av forsuring og kalking på makrovegetasjon i vann. En kunnskapsstatus - *Utredning for DN 2000-6*. 63 s.
- Brandrud, T. E. og Mjelde, M. (1993). Tålegrenser for overflatevann. Makrovegetasjon. NIVA-rapport lnr. 2936-1993. 44 s.
- Brouwer, E., Bobbink, R., Meeuwsen, F. og Roelofs, J. G. M. (1997). Recovery from acidification in aquatic mesocosms after reducing ammonium and sulphate deposition. *Aquat. Bot.* 56: 119 -130.
- Brouwer, E. og Roelofs, J. G. M. (2001). Degraded softwater lakes: Possibilities for restoration. *Restoration Ecology* 9: 155–166.
- Chabbi, A. (1999). *Juncus bulbosus* as pioneer species in acidic lignite mining lakes: interactions, mechanism and survival strategies. *New Phytol* 144: 133–142.
- Chabbi, A. og Rumpel, C. (2004). Decomposition of plant tissue in extremely acidic mining lake sediment: phenolic CuO-oxidation products and solid state.<sup>13</sup>C NMR spectroscopy. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1161 -1169.
- Crawford, R. M. M. (1987). Plant life in aquatic and amphibious habitats. Blackwell scientific publications, London. s. 85, 104 – 105.
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet (2011). Veileder 01:2011 Om karakterisering og analyse. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 84 s. Tilgjengelig fra <http://www.vannportalen.no/hoved.aspx?m=31151&amid=1657299> [Lest 02.02.12]
- Dorland, E., Van den Berg, L. J. L., Brouwer, E., Roelofs, J. G. M. og Bobbink, R. (2005). Catchment liming to Restore Degraded, Acidified Heathlands And Moorland Pools. *Restoration Ecology* Vol. 13, No. 2, s. 302 – 311.
- Eloranta, P. (1970). Pollution and aquatic Flora of Waters by Sulphate Cellulose Factory at Mantta Finnish Lake District. *Ann. Bot. Fennici* 7: 63 – 141.
- Farmer, A. M., Maberly, S. C. og Bowes, G. (1986). Activities of carboxylation enzymes in Freshwater Macrophytes. *Journal of Experimental Botany* Vol. 37 Issue 10: 1568 – 1573.

- Fosholt-Moe, T. (2011). Krypsivforskning – en statusrapport fra JUNCUS-prosjektet. pH-status : forum for sur nedbør og kalking 3 : 3 – 5, UiO.
- Fosholt-Moe, T. (2012). Nuisance growth of *Juncus bulbosus* in lakes and rivers – experimental and observational studies, Thesis UiO. 138 s.
- Fyson, A. (2000). Angiosperms in acidic waters at pH 3 and below. *Hydrobiologia* 433: 129 – 135.
- Fægri, K. (1970). Norges planter I, Cappelen forlag, Oslo. s. 41, 44.
- Gerloff, G. C. og Krombholz, P. H. (1966). Tissue analysis as a measure of nutrient availability for the growth of angiosperm aquatic plants. *Limnol. Oceanogr.* 11: 529-537.
- Haraldsen, B. K. (red) (2010). Feltbiologi, (Bio 001, skolelaboratoriets lærerkurs) Biologisk institutt, UiO Tilgjengelig fra; <http://www.bio.uio.no/skolelaboratoriet/db01-news/internet/html/docs/feltbiologi.pdf> [Lest 30.12.2011]
- Hindar, A., Johansen, S. W., Andersen, T. og Saloranta, T. (2003). Faktorer som påvirker problemvekst av krypsiv i Sør-Norge; datagjennomgang, analyser og forslag om videre studier. NIVA-rapport lnr. 4688-2003. 23 s.
- Hindar, A. og Rognerud, S. (2011). Kvantifisering av kalkrester og metaller i sedimentet etter Innsjøkalking NIVA-rapport lnr. 6161-2011. 44 s.
- Hinneri, S. (1976). On the Ecology and Phenotypic Plasticity of Vascular Hydrophytes in a Sulphate-rich, Acidotrophic Freshwater Reservoir, S.W. Coast of Finland. *Ann. Bot. Fennici* 13: 97 – 105.
- Hobæk, A., Bjerknes, V., Brandrud, T. E. og Bækken, T. (1996). Evaluering av fullkalkete innsjøer i Sogn og Fjordane: Fiskebestander, makrovegetasjon, bunndyr og dyreplankton. NIVA-rapport. lnr. 3385 - 1996. 81 s.
- Johansen, S. W., Brandrud, T. E. og Mjelde, M. (2000). Konsekvenser av reguleringsinngrep på vannvegetasjon i elver – Tilgroing av krypsiv – Kunnskapsstatus. NIVA-rapport lnr. 4321-2000. 67 s.
- Johansen, S. W. (2002). Tiltaksplan for fjerning av krypsiv i Otra gjennom Valle kommune. NIVA-rapport lnr. 4579-2002. 54 s.
- Kaste, Ø. og Lyche- Solheim, A. (2004). Influence of moderate phosphate addition on nitrogen retention in a Norwegian acid-sensitive lake. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 312-321.

- Kaste, Ø., Andersen, T., Hessen, D. O., Johansen, S. W og Mjelde, M. (2005). Can nuisance growth of the aquatic macrophyte *Juncus bulbosus* be related to elevated nitrogen deposition? Søknad til Norges forskningsråd på programmet RENERGI (BIP) 2005. 10 s.
- Klepssland, J. T. og Høitomt, T. (2010). Naturtypekartlegging i Søgne kommune 2009. BioFokus-rapport 2010-15. 47 s.
- Lid, J. og Lid, D. T. (1994). Norsk flora. 6. utgave ved Reidar Elven. Det Norske Samlaget, Oslo. s. 532.
- Light, J. J. (1975). Clear lakes and aquatic bryophytes in the mountains of Scotland. *J. Ecol.* 63: 937 – 943.
- Lucassen, E. C. H. E. T., Bobbink, R., Oonk, M. M. A., Brandrud, T. E., Roelofs, J. G. M. (1999). The effects of liming and reacidification on the growth of *J. bulbosus*: a meocosm experiment. *Aquat. Bot.* 64: 95-103.
- Lynnebakken, T. og Moe, E. (2001). Krypsiv i Sørlandsvassdrag. Rapport fra forprosjekt. Fylkesmannen i Vest-Agder, Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 1-2001. 22 s.
- Mjelde, M. (2004). Utvikling av krypsiv – *Juncus bulbosus* – i Øvre og Nedre Lundetjenn. NIVA-rapport. Inr. 4881-2004. 17 s.
- Mjelde, M. og Rørslett, B. (1987). Modalsvassdraget, Hordaland fylke. Konsekvenser for vannkjemiske og biologiske forhold ved utvidet regulering i Modalsvassdraget. NIVA-rapport. Inr. 2087. 28 s.
- Mjelde, M., Kaste, Ø., Haraldstad, T., Fosholt-Moe, T., Barlaup, B. T. og Pulg, U. (2012). Innfrysning av krypsiv nedstrøms Brokke kraftverk vinteren 2011; vurdering av drift og sedimentasjon av løserevet krypsiv på stasjoner i Otra nedstrøms tiltaket. NIVA-rapport. Inr. 6337. 35 s.
- Moe, E. (1997). Aksjon Venneslafjorden. Rapport Vennesla kommune, august 1997. 29 s.
- Mossberg, B., Stenberg, L. og Ericsson, S. (1995). Gyldendals store nordiske flora, Gyldendal Norsk Forlag. s. 931
- Ousdal, J. O. (2004). Krypsiv i Kvina. Utvidet kartlegging og plan for tiltak. Rapport – Fagråd for fisk i Kvinesdal/Ousdal Konsulenttenester. 40 s.
- Pallant, J. (2010) SPSS Survival Manual. 4<sup>th</sup> ed. Open University Press, Mcgraw-Hill Education, USA. s. 51, 53 – 65, 105, 112, 114, 204, 227 - 235.

- Pietsch, W. H. O. (1996.) Recolonization and development of vegetation on mine spoils following brown coal mining in Lusatia. *Wat. Air Soil Poll.* 91: 1 – 15.
- Pietsch, W. H. O. (1998). Colonization and development of vegetation in mining lakes of the Lusatian lignite area in dependence on water genesis. In Geller, W., H. Klapper & W. Salomons (eds), *Acidic Mining Lakes*. Springer, Berlin: 169 – 193.
- Proćków, J. (2008). What is *Juncus bulbosus* subsp. *kochii* (Juncaceae) and does it really exist? A taxonomic revision of bulbous rush subspecies. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 156: 501–512.
- Roelofs, J. G. M. (1983). Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters in the Netherlands. I. Field observations. *Aquat. Bot.* 17 : 139 - 155.
- Roelofs, J. G. M., Schuurkes, J. A. A. R. og Smits, A. J. M. (1984). Impact of acidification and eutrophication on macrophyte communities in soft waters. II. Experimental studies. *Aquat. Bot.* 18 : 389 – 411.
- Roelofs, J. G. M., Brandrud, T.E. og Smolders, A. (1994). Mass invasion of *Juncus bulbosus* after liming of acidified Norwegian lakes. *Aquat. Bot.*, 48: 187-202.
- Rørslett, B. (1986). Vannvegetasjon i Venneslafjorden. Foreløpig vurdering av tilgroing 1986, NIVA-rapport lnr. 1906. 25 s.
- Rørslett, B. (1987). Tilgroing i Otra nedstrøms Brokke. Problemanalyse og forslag om tiltak. NIVA-rapport lnr. 1997. 40 s.
- Rørslett, B., Brandrud, T. E. og Johansen, S. W. (1990). Tilgroing i terskelbasseng i Otra ved Valle. Problemanalyse og forslag om tiltak. - NIVA Rapport lnr. 2442. 117 s.
- Rørslett, B. (1991). Krypsiv i Otra nedstrøms Brokke: Storskala innfrysningforsøk 1991. NIVA-rapport lnr. 2660-1991. 11 s.
- Rørslett, B. (1997). Undersøkelser i samband med fjerning av krypsiv i Otra ved Valle og Straume. NIVA-notat, 15. juni, 1997. 10 s. Upubl.
- Samecka-Cymerman, A. og Kempers, A. J. (2001). Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. *The Science of the Total Environment* 281: 87 – 98.

- Schultz, F. W. (2000) *Juncus bulbosus* in; Morin, N.R: Flora of North America. Oxford University Press, USA.
- Schuurkes, J. A. A. R., Kok, C. J. og Hartog, C. Den (1986). Ammonium and nitrate uptake by aquatic plants from poorly buffered and acidified waters. *Aquat. Bot.*, 24, 131-146.
- Schuurkes, J. A. A. R., Heck, I. C. C., Hesen, P. L. G. M., Leuven, R. S. E. W. og Roelofs, J. G. M. (1986). Effects of sulphuric acid and acidifying deposition on water quality and vegetation of simulated soft water ecosystems. *Water, air and soil pollution* 31: 267 – 272.
- Skoglund, H., Barlaup, B. T. og Wiers, T. (2006). Forekomst av krypsiv på gyteområder hos laks i Mandalselva. Foreløpig rapport. LFI-Unifob, UiB. 16 s.
- Svedäng, M. U. (1990). The growth dynamics of *Juncus bulbosus* L. - a strategy to avoid competition? *Aquat. Bot.*, 37, 123–138.
- Spierenburg, P., Lucassen, E. C. H. E. T., Lotter, A. F. og Roelofs, J. G. M. (2009). Could rising aquatic carbon dioxide concentrations favour the invasion of elodeids in isoetid-dominated softwater lakes? *Freshwater Biol.* 54: 1819- 1831.
- Spierenburg, P., Lucassen, E. C. H. E. T., Lotter, A. F. og Roelofs, J. G. M. (2010). Competition between isoetids and invading elodeids at different concentrations of aquatic carbon dioxide. *Freshwater Biol.* 55: 1274 – 1287.
- Sørensen, H. L. (1961). Norsk skoleflora. Aschehoug & co. Oslo. s. 31.
- Van dam, H. (1988). Acidification of three moorland pools in The Netherlands by acid precipitation and extreme drought periods over seven decades. *Freshwater Biol.* 20: 157-176.
- Vegge, E., Haraldstad, M. og Homme, T. A. (2005). Tiltaksplan for fjerning av krypsiv i øvre Otra, Rapport. 32 s.
- Vegge, E. og Haraldsen, Ø. (2006). Krypsiv i Sørlandsvassdrag. NVE-rapport nr. 7 - 2006. 33 s.
- Wetzel, R. G., Brammer, E. S., Lindström, K. og Forsberg, C. (1985). Photosynthesis of submersed macrophytes in acidified lakes. *Aquat. Bot.*, 22: 107- 120.
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3<sup>rd</sup>. ed. Academic Press, UK. s. 65 – 67, 187 – 203, 527 – 575, 632 – 633.
- Wielgolaski, F. E. (1978). Planter og omgivelser. En innføring i deler av den terrestre botaniske autøkologi. Universitetsforlaget, Tromsø. s. 33.
- Økland, J. (1975). Ferskvannøkologi. Universitetsforlaget, Oslo. s. 69.

Økland, J. og Økland, K. A. (1996). Vann og vassdrag 2. Økologi. Vett & Viten as, Asker. s. 55 - 66.



# Oversikt over tabeller og figurer

Figur 1. Utbredelse av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i Norden (Hultén 1971).

Figur 2. Ulike morfer av krypsiv (*Juncus bulbosus*). a) Krypsiv i terrestrisk form, 2 – 5 cm med seksuell formering. b) Undervannsform som rosettplante, 10 – 20 cm. c) Krypsiv voksende i bekk, med særlig korte skudd, velutviklede røtter og krypende utløpere. Seksuell formering forekommer hvis deler av planten ligger over vannoverflaten. d) Plante med lange skudd. (Frøsetting kan observeres hvis matten ligger over vannoverflaten. Tegninger basert på Lid og Lid (1994), Johansen m. fl. (2000) og egne observasjoner.

Figur 3. Terjevann (mørkt område) har et nedbørsfelt på 1,09 km<sup>2</sup>. Tilførsel skjer hovedsakelig fra to bekker i nord-vest og vest. Omarbeidet etter Andersen (2006).

Figur 4. Batymetrisk kart over Terjevann. Grønn markering viser vekst av krypsiv (*Juncus bulbosus*). Omarbeidet fra Andersen (1999).

Figur 5. Montering av ramme for overvåking av dekningsgrad. Foto: S. M. Sandvik.

Figur 6. Plassering av rammene ved områdene A, B og C i Terjevann.

Figur 7. Vannhenter (Esselte, 1 L) med fastmontert termometer. Foto: T. T. Bakke.

Figur 8. Frysetørrer av typen Christ Alpha 1-4 med sedimentprøver. Foto: T. T. Bakke.

Figur 9. Målt gjennomsnittlig total lengde, lengde til siste skudd, siste-blads lengde og rotlengde (i cm) av plantene (N =75 (totalt)) i områdene A, B og C i Terjevann.

Figur 10. Gjennomsnittlig dekningsgrad (Hult- Sernander) (N =75(totalt)) og gjennomsnittlig antall skudd pr. plante i områdene A, B og C i Terjevann.

Figur 11. Gjennomsnittlig dekningsgrad av krypsiv (*Juncus bulbosus*) i 3 rammer i perioden 06.07.11 – 14.03.12 i områdene A, B og C i Terjevann.

Figur 12. Illustrasjon av krypsivplantenes (*Juncus bulbosus*) fenotyper i rammene i område A,B og C i Terjevann.

Figur 13. Siktedyp og vannfarge registrert i områdene A, B og C i Terjevann fra 06.07.11 til 14.03.12. Strekfarge indikerer vannfarge. Blå strek indikerer islagt vann.

Figur 14. Vanntemperatur på en meters dyp i Terjevann i områdene A, B og C i perioden.

Figur 15. Prosentvis innhold (tørrvekt) av karbon i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter samt i sediment (0-10 cm) (grått) fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

Figur 16. Løst organisk karbon (LOC, mg C/L) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september - desember 2011 (Origo er satt til 7,0 mg/L).

Figur 17. Prosentvis innhold (tørrvekt) av nitrogen (N) i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter samt i sediment (0-10 cm) (grått) hentet fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

Figur 18. Konsentrasjonen ( $\mu\text{g N/L}$ ) av ammonium ( $\text{NH}_4$ ) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september – desember 2011. ( NB! origo er satt til  $40 \mu\text{g/L}$ .)

Figur 19. Konsentrasjonen ( $\mu\text{g N/L}$ ) av nitrat ( $\text{NO}_3$ ) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september – desember 2011 (NB! origo er satt til  $40 \mu\text{g/L}$ .)

Figur 20. Prosentvis innhold (tørrvekt) av fosfor (P) i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter og i sediment (0-10 cm) (grått) hentet fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

Figur 21. Fosfatkonsentrasjon ( $\mu\text{g P/L}$ ) målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september – desember 2011.

Figur 22. a) Karbon : Nitrogen (C : N), b) Nitrogen : Fosfor (N : P), c) Karbon : Fosfor (C : P) forholdene (i prosent) i blad (grønt), pseudorøtter (beige) og røtter (rødt) i krypsivplanter samt i sediment (0-10 cm) (grått) hentet fra områdene A, B og C i Terjevann oktober 2011.

Figur 23. pH målt på 1,2 meters dyp i innsjøen i områdene A, B og C i perioden september-desember 2011 (Origo er satt til 5,0).

Figur 24. Overflatemattene ved område C visnet i løpet av høsten 2011 og forble gulrøde gjennom vinteren. «Pseudorøttene» er tydelige i vannoverflaten. Foto: T. T. Bakke.

Tabell 1. Oppsummerte miljøkrav til krypsiv (*Juncus bulbosus*) basert på observasjoner i flere adskilte lokaliteter. Grønn farge indikerer svært god vekst, lysegrønn indikerer god vekst mens hvit farge indikerer dårlige vekstforhold (Omarbeidet fra Johansen m. fl. 2000).

*Tabell 2. Gjennomsnittlig vannsøyle og tilhørende vekstform av krypsivplantene (*Juncus bulbosus*) i de ulike rammene i Terjevann. Målingene er gjort i perioden 06.07.11 til 14.10.11. Grønn farge indikerer vannsøyle som vanligvis gir svært god vekst av planten og*

*lysegrønn farge indikerer vannsøyle som normalt gir god vekst. Kategoriene for trivsel av plantene er basert på tidligere observasjoner i ulike lokaliteter fra Johansen m. fl. (2000).*

# Vedlegg A

*Dekningsgrad i rammene i områdene A, B og C i perioden 07.06.11 – 14.03.12 i Terjevann.*

Dato	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII
06.07.2011	5	4	4	4	3	2	5	5	5
20.07.2011	5	4	4	4	4	2	5	5	5
03.08.2011	4	4	2	1	1	1	5	5	5
02.09.2011	5	4	2	1	4	3	5	5	5
16.09.2011	5	3	2	1	3	2	5	5	5
02.10.2011	5	2	1	1	2	1	5	5	5
14.10.2011	5	2	2	2	2	1	5	5	5
27.10.2011	5	2	2	3	3	1	4	5	5
14.11.2011	5	3	2	3	3	1	4	5	5
28.11.2011	5	3		3	2	1	4	5	5
06.01.2012	4	3	2	3	2	1	4	5	5
14.03.2012	5	4	4	4	4	2	4	5	5
<b>Gjennomsn.</b>	<b>4,83</b>	<b>3,17</b>	<b>2,45</b>	<b>2,5</b>	<b>2,75</b>	<b>1,5</b>	<b>4,58</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

## Vedlegg B

Mål av ulike deler av 25 planter innhentet fra område A i Terjevann 20.07.11.

Lokalitet A			
Plantenr	Antall skudd	Lengde til siste skudd (cm)	Totallengde (cm)
1	3	30,9	49,9
2	3	27,6	47,8
3	1	9	29,6
4	7	63,8	73,4
5	4	14,4	28,7
6	2	17,9	47,6
7	7	68	77,3
8	15	53,1	64,3
9	11	53	64,7
10	8	59,4	63,1
11	3	29,7	44,3
12	6	25	43,1
13	7	25,2	56,7
14	4	16,9	35,7
15	7	36,9	60,4
16	12	61,1	73,2
17	6	33,7	61,3
18	3	27,1	42,2
19	2	9,4	21,8
20	6	66,2	71,8
21	5	57,9	70
22	2	32	48,8
23	6	19,1	39,4
24	3	25,1	34,2
25	2	25,4	48
<b>Sum</b>	<b>135</b>	<b>887,8</b>	<b>1297,3</b>
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>5,4</b>	<b>35,5</b>	<b>51,9</b>

## Vedlegg C

Mål av ulike deler av 25 planter innhentet fra område B i Terjevann 20.07.11.

Lokalitet B			
Plantenr	Antall skudd	Lengde til siste skudd (cm)	Totallengde (cm)
1	6	53,3	84,6
2	3	39,2	68,9
3	3	37,6	56,2
4	3	33,9	55,6
5	5	43,6	74,8
6	3	23,5	37,6
7	3	35	54,4
8	1	12,8	41,7
9	4	24	39,1
10	4	33,7	47,8
11	2	22,6	30,5
12	2	14,4	35,6
13	2	43,2	86,2
14	1	10,3	45
15	1	4,9	19,8
16	1	15,5	36,1
17	2	27,2	51,4
18	1	9,9	30,7
19	6	88,3	107
20	5	42,9	58,3
21	3	24,9	62,4
22	3	16,7	33
23	2	11,5	30,7
24	1	17,2	31
25	6	33,6	48,4
<b>Sum</b>	<b>73</b>	<b>719,7</b>	<b>1266,8</b>
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>2,9</b>	<b>28,8</b>	<b>50,7</b>

## Vedlegg D

Mål av ulike deler av 25 planter innhentet fra område C i Terjevann 20.07.11.

Lokalitet C			
Plantenr	Antall skudd	Lengde til siste skudd (cm)	Totallengde (cm)
1	25	173,2	186,5
2	7	69	96
3	4	53	73,7
4	6	58	78,4
5	3	26	26
6	8	43,6	58,6
7	5	56,5	65
8	6	65,8	74,6
9	13	79,5	86,4
10	6	51,6	61,6
11	5	43,8	52,4
12	7	33,2	45,3
13	9	55,7	60,4
14	7	64,2	65,2
15	9	59	66,7
16	12	69	75,3
17	2	24	44,4
18	4	66,2	77,1
19	6	94,7	101
20	9	93,8	100,8
21	12	122,8	135
22	7	54	62
23	7	38,4	55,7
24	6	27,5	39,5
25	4	46,2	63,2
<b>Sum</b>	<b>189</b>	<b>1568,7</b>	<b>1850,8</b>
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>7,6</b>	<b>62,7</b>	<b>74</b>

# Vedlegg E

Mål av rotlengder fra 25 planter innhentet fra de tre områdene A, B og C i Terjevann

20.07.11.

Rotlengder	Punkt A
Plantenr.	Lengde (cm)
1	13,6
2	9,8
3	10,6
4	10
5	15,9
6	19,3
7	12,2
8	11,1
9	18
10	10
11	19,6
12	14,9
13	14,9
14	15,1
15	21,6
16	33,2
17	15,6
18	14,9
19	12,2
20	18,4
21	14,2
22	18,7
23	18,6
24	14,2
25	19,9
<b>SUM</b>	<b>396,5</b>
<b>Gj.snittlengde</b>	<b>15,86</b>

Rotlengder	Punkt B
Plantenr.	Lengde (cm)
1	24,9
2	16,1
3	15,2
4	20,4
5	12,5
6	14,6
7	17
8	11,9
9	16,4
10	15,9
11	13,9
12	21,4
13	11,9
14	16,1
15	35,7
16	12,6
17	19,2
18	9,9
19	19,4
20	22,7
21	12,5
22	15,3
23	13,9
24	9,9
25	12,9
<b>SUM</b>	<b>412,2</b>
<b>Gj.snittlengde</b>	<b>16,49</b>

Rotlengder	Punkt C
Plantenr.	Lengde (cm)
1	23,7
2	15,5
3	19,3
4	33,6
5	16,6
6	33,6
7	12
8	27
9	12,9
10	23,6
11	18,7
12	18,3
13	21,2
14	11,3
15	12,5
16	22,5
17	25,5
18	16,3
19	32,4
20	17,9
21	11,1
22	23,7
23	32,1
24	20
25	33,5
<b>SUM</b>	<b>534,8</b>
<b>Gj.snittlengde</b>	<b>21,39</b>



## Vedlegg F

Vannsøyler over rammene i områdene A, B og C i Terjevann i perioden 06.07.11 – 08.10.11.

Dybder i rammer (m)									
Dato	AI	AII	AIII	BI	BII	BIII	CI	CII	CIII
06.07.2011	1,50	1,50	1,65	1,40	1,65	1,90	1,65	1,45	1,25
20.07.2011	1,52	1,75	1,70	1,45	1,70	1,95	1,95	1,45	1,45
03.08.2011	1,54	1,31	1,44	1,35	1,37	1,70	1,66	1,00	1,29
02.09.2011	1,35	1,50	1,55	1,35	1,60	1,80	1,95	1,25	1,50
16.09.2011	1,47	1,55	1,80	1,48	1,74	1,95	1,98	1,43	1,45
02.10.2011	1,45	1,55	1,48	1,45	1,55	1,76	1,85	1,20	1,30
08.10.2011	1,35	1,48	1,68	1,45	1,57	1,86	1,82	1,30	1,31

## Vedlegg G

*Siktedyp (m) i områdene A, B og C målt i Terjevann i tidsrommet mellom juli 2011 til mars 2012.*

Dato	Siktedyp		
	A (m)	B (m)	C (m)
06.07.2011	2,1	2,7	2,1
20.07.2011	2,0	2,4	2,1
03.08.2011	1,9	2,0	2,1
02.09.2011	2	1,8	2,1
16.09.2011	2,1	2,2	2,0
02.10.2011	2,0	2	2,2
14.10.2011	2,6	2,7	2,4
27.10.2011	2,8	2,9	2,8
14.11.2011	3,0	3,0	3,0
28.11.2011	2,9	3	3
06.01.2012	3,9	3,6	3,6
14.03.2012	4,4	4,6	4,4
<b>Gjennomsn.</b>	<b>2,6</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>