

Genetiske undersøkelser av den kritisk trua polarflokken *Polemonium boreale* ved Bugøynes, Finnmark



Kristine Bakke Westergaard, Geir Arnesen og Inger Greve Alsos

**Genetiske undersøkelser av den kritisk
trua polarflokken *Polemonium boreale* ved
Bugøynes, Finnmark**

Ecofact rapport: 100

www.ecofact.no

| | |
|--------------------------------------|---|
| Referanse til rapporten: | Westergaard, K. B., Arnesen, G. og Alsos, I. G. 2011. Genetiske undersøkelser av den kritisk trua polarflokken <i>Polemonium boreale</i> ved Bugøynes, Finnmark. Ecofact rapport 100. 15 s. |
| Nøkkelord: | Rødlistet, handlingsplan, genetisk variasjon, hybrider, tilbakekrysning, AFLP |
| ISSN: | ISSN 1891-5450 |
| ISBN: | 978-82-8262-098-7 |
| Oppdragsgiver: | Fylkesmannen i Finnmark |
| Prosjektleder hos Ecofact AS: | Kristine Bakke Westergaard |
| Prosjektmedarbeidere: | Geir Arnesen (Ecofact), Inger Greve Alsos (Tromsø Museum, Universitetet i Tromsø) |
| Kvalitetssikret av: | |
| Forside: | Tettstedet Bugøynes i Sør-Varanger. Polarflokk finnes på kirkegården som skimtes ca midt i bildet. Innfelt: polarflokk i blomst fotografert på yttersiden av Bugøyneset. Foto: Geir Arnesen |

www.ecofact.no

Innhold

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 1 FORORD | 1 |
| 2 INTRODUKSJON | 2 |
| 3 MATERIALE OG METODER | 5 |
| 3.1 INNSAMLING | 5 |
| 3.2 GENETISK ANALYSE | 6 |
| 4 RESULTATER | 8 |
| 5 DISKUSJON | 12 |
| 6 FORVALTNINGSTILTAK | 13 |
| 7 LITTERATUR | 14 |

1 FORORD

Ecofact Nord AS ble i 2010 gitt i oppdrag å besvare en del forskningsspørsmål i forbindelse med den videre forvaltningen av den kritisk trua (CR) planten polarflokk. Oppdragsgiver var Fylkesmannen i Finnmark, og arbeidet er et ledd i oppfølgingen av handlingsplan for 10 truede arter i Finnmark. Problemstillingene har fokusert på genetiske forhold i populasjonene og hybridisering med fjellflokk. De genetiske analysene er utført ved Tromsø Museum, Universitetet i Tromsø, i samarbeid med Inger Greve Alsos.

Etter et vellykket arbeid presenterer vi her noen godt dokumenterte og interessante resultater av betydning for forvaltningen av arten.

Vi vil spesielt takke Eike Müller, Hanne Henriksen og Ingve Birkeland som har skaffet materiale av polarflokk fra Colesdalen, Svalbard, og fjellflokk fra Kvænangsbotn og Senja, Troms.

Tromsø

1. juni 2011

Kristine Bakke Westergaard og Geir Arnesen

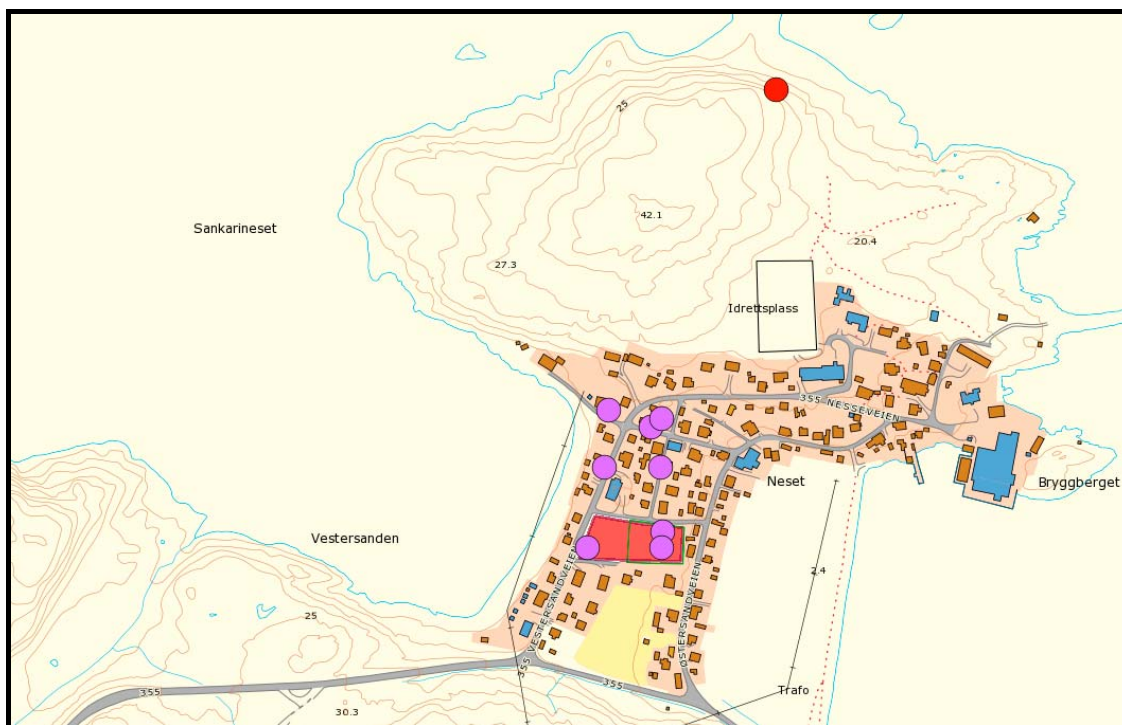
2 Introduksjon

Polarflokk *Polemonium boreale* er en av Norges sjeldneste planter. Den er kun kjent fra Bugøynes i Sør-Varanger, og er rødlistet som kritisk truet (CR) fordi den bare er kjent fra to små og forstyrrede lokaliteter (Kålås med flere 2010). Polarflokk har en spredt sirkumpolar utbredelse, og ble først oppdaget som ny art for Skandinavia i 1868 av J. M. Norman (Norman 1868). Han beskrev senere at arten opptrådte rikelig på stabiliserte sanddyner og skjellsandavsetninger nær sjøen ved Bugøynes, og at den sekundært også var å finne i lave klipper samt basiske enger og beiter ved Bugøynes (Norman 1900). I 1968 oppdaget Torstein Engelskjøn og Gunnar Bråthen en mindre forekomst med ca 200 individer på noen berghyller på yttersiden av selve Bugøyneset (herbariebelegg, TROM).

I forhold til da polarflokken ble oppdaget, har forekomsten gått betydelig tilbake, hovedsakelig på grunn av bebyggelsen og aktiviteten i tettstedet Bugøynes. Husbygging og hager har fortrenget habitatene, og i dag er det kun på og rundt den gamle kirkegården at det fremdeles er relativt tett med polarflokk på et ca 4 mål stort areal (figur 1). Inne på selve kirkegården anslås individtallet til å være mellom 2000-4000 (Arnesen, personlig observasjon 2010). Den lille populasjonen på yttersiden (figur 1) av Bugøynes ser ut til å være i sakte tilbakegang. Det har ikke vært foretatt systematiske tellinger av individene her, men det har vært telt fra 50-200 individer i perioden 2004 til 2010. Det varierende individtallet kan også skyldes naturlige variasjoner, eller at individtellingene har foregått til ulike tider på sesongen. Rosettene er vanskelige å oppdage inne i mellom annen vegetasjon når de ikke har blomst.

Det har vært populært å plante den nærstående arten fjellflokk *Polemonium caeruleum* på gravstedene på kirkegården, og etter hvert ble det påvist planter som var antatte hybrider mellom fjellflokk og polarflokk. Basert på beskrivelsene av hybridene gjort av Alm med flere (1995) og personlige observasjoner, ser det ut til at de viktigste morfologiske kjennetegnet for å skille en hybrid fra en polarflokk er at hybridene har hvit/hvitgrønn øyeflekk midt i blomsten, mens polarflokk har gul øyeflekk (figur 2). Hybridene er i tillegg oftest større og kraftigere enn polarflokk, mens fjellflokk er oftest dobbelt så høye som hybridene igjen. Dette er imidlertid ikke et godt

kjennetegn, og enkelte hybrider kan være så like fjellflokk at de er svært vanskelig å skille fra hverandre.



Figur 1. Kart over tettstedet Bugøynes. Rød prikk og rødt polygon (kirkegården) viser forekomst av polarflokk, mens lilla prikker viser forekomster av antatte hybrider samlet i 2010.



Figur 2. Til venstre: hybrid mellom fjellflokk og polarflokk med hvit øyeflekk. Til høyre: polarflokk med gul øyeflekk fotografert på yttersiden av Bugøyneset. Foto: Geir Arnesen.

Polarflokk ble fredet allerede i 1919, og det er tatt inn i forvaltningen av fredningsområdet på Bugøynes kirkegård at det er forbudt å plante fjellflokk på gravene. Rundt omkring i hagene i Bugøynes er det likevel ikke dyrkningsforbud for fjellflokk, og forbudet overholdes heller ikke fullstendig på kirkegården. I 1995 ble alle hybrider luket ut på kirkegården slik at det bare skulle være igjen ren polarflokk (Alm med flere 1995). Sommeren 2010 ble det observert flere antatte hybrider på kirkegården, og i tillegg noen individer som ble antatt å være fjellflokk. Fjellflokk og antatte hybrider ble også observert i hager rundt omkring i tettstedet. I forbindelse med hybridiseringen har det vært spekulert i om det har også har foregått tilbakekryssninger, og at polarflokkpopulasjonen i tettstedet dermed har blitt genetisk forurenset av fjellflokkgener (se Alm med flere 1995). De oppdaget at hybridene lager mer fertilt pollen enn polarflokken, noe som kan øke sjansen for vellykket tilbakekryssning med polarflokken. En slik genetisk forurensning har imidlertid aldri blitt dokumentert. Den lille utpostpopulasjonen på spissen av Bugøyneset ligger trolig for langt unna tettstedet til å bli introdusert for pollen fra plantet fjellflokk. Den er derfor antatt fri for polarflokk × fjellflokk hybrider, og hvis genetisk forurensning skulle bli påvist i individene fra kirkegården vil denne lille delpopulasjonen bli særdeles viktig i den videre forvaltningen av arten.

Polarflokk er inkludert i "Handlingsplan for 10 trua arter i Finnmark", og her blir det foreslått å kartlegge den genetiske variasjonen til delpopulasjonene på Bugøynes, samt undersøke hvorvidt det fortsatt finnes hybrider av polarflokk × fjellflokk på kirkegården (Arnesen, Westergaard og Aalerud 2010, utarbeidet men ikke vedtatt). Det siste spesielt med tanke på hvorvidt hybridene er i stand til å tilbakekrysse seg med polarflokk og dermed forårsake forurensning av de "rene" polarflokkene. Dette spørsmålet er viktig å besvare i forhold til den videre forvaltningen som blant annet vil inkludere *ex situ* bevaring av polarflokk i botaniske hager.

Dette studiet er motivert av problemstillingene som beskrives i handlingsplanen og vi har til hensikt å besvare følgende tre spørsmål:

1. I hvilken grad finnes det fortsatt hybrider av polarflokk × fjellflokk på kirkegården i Bugøynes?
2. Foregår det en tilbakekryssning mellom hybridene og polarflokk?

3. Hvordan er den genetiske variasjonen i delpopulasjonen ytterst på Bugøyneset sammenlignet med delpopulasjonen i Bugøynes tettsted?

3 Materiale og metoder

3.1 Innsamling

Bladprøver ble samlet av 30 individer polarflokk og antatte polarflokk × fjellflokk hybrider fra kirkegården og nærliggende hager på Bugøynes, fra 10 polarflokk-individer fra lokaliteten nord på Bugøyneset, og 10 individer fra Svalbard for sammenligning innen polarflokk (tabell 1). For å kunne sammenligne de antatte hybridene med ren fjellflokk, ble bladprøver fra seks ulike fjellflokkpopulasjoner også samlet. Alle bladprøvene ble samlet inn på silikagel for å sikre at de tørket fort slik at DNA-kvaliteten ikke ble forringet.

Tabell 1. Innsamlet bladmateriale av polarflokk, polarflokk × fjellflokk og fjellflokk. Antall individer som fungerte i de genetiske analysene er gitt i parentes.

| Populasjon | Antall individer | Samler |
|---|------------------|-----------------|
| Polarflokk <i>Polemonium boreale</i> | | |
| PK Sør-Varanger, Bugøynes (kirkegård og hager) | 22 (19) | Geir Arnesen |
| PY Sør-Varanger, Bugøynes (yttersida) | 10 (10) | Geir Arnesen |
| PS Svalbard, Colesdalen | 10 (9) | Eike Müller |
| Polarflokk × fjellflokk <i>Polemonium boreale</i> × <i>caeruleum</i> | | |
| PK Sør-Varanger, Bugøynes (kirkegård og hager) | 8 (8) | Geir Arnesen |
| Fjellflokk <i>Polemonium caeruleum</i> | | |
| F3 Torsken, Yttergården | 3 (3) | Ingve Birkeland |
| F4 Torsken, Sifjordura | 2 (2) | Ingve Birkeland |
| F5 Torsken, Leikvika | 3 (3) | Ingve Birkeland |
| F6 Tranøy, Lemmingvær | 3 (3) | Ingve Birkeland |
| F7 Lenvik, Ørnfjordbotn | 3 (2) | Ingve Birkeland |
| F8 Kvænangen, Kvænangsbøtn | 2 (2) | Hanne Henriksen |

3.2 Genetisk analyse

For å undersøke den i hovedsak nøytrale genetiske diversiteten og særegenheten til polarflokken på Bugøynes, benyttet vi DNA-fingeravtrykksmetoden AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism). AFLP er et godt valg dersom man ikke har særlig kunnskap om artens genom på forhånd, og det er en egnet metode for å identifisere hybridindivider. Man får vanligvis ut mange markører, og metoden har god repliserbarhet på laboratoriet. AFLP er basert på at restriksjonsenzymet først kutter DNAet, før et ligeringsenzym deretter limer fast små adaptorer på endene av det kuttete DNAet. Deretter følger en amplifisering av et utvalg av disse DNA-fragmentene ved hjelp av primere og PCR-reaksjoner (Polymerase Chain Reaction).

En cm² tørket bladmateriale ble knust av kuler i en ristemaskin ved 30 Hz i 1 minutt, og DNA ble ekstrahert med DNAeasyTM Plant Mini Kit (Qiagen, Hilden, Tyskland).

AFLP-metoden fulgte samme protokoll som Alsos med flere (2007), men med følgende modifiseringer: alle volum ble doblet for økt stabilitet i analysen, og restriksjon/ligering ble gjort i to separate trinn, hvert på 2 timer ved 37°C. For studiet av polar- og fjellflokk testet vi ni ulike primerkombinasjoner hentet fra en studie av flokkslekta *Polemonium* (Worley med flere 2009), og valgte følgende to fordi de gav tydelige og godt separerte markører for både polar- og fjellflokk (fluoriserende farge i parentes): *EcoRI*-ACC (6FAM) – *MseI*-CAA og *EcoRI*-ACC (6FAM) – *MseI*-CTA. For hvert individ ble 1,5 µl selektivt PCR-produkt blandet med 0,2 µl intern standard (GeneScan ROX 500, Applied Biosystems) og 11,8 µl HiDi formamid, og kjørt på en ABI PRISM[®] 3130xl kapillær sekvenseringsmaskin (Applied Biosystems; på Universitetssykehuset Nord-Norge, Tromsø). Rådataene ble justert i forhold til den interne standarden i programmet ABI PRISM[®] Genescan versjon 3.7 (Applied Biosystems). Markører med lengde på 50-500 basepar ble scoret i programmet Genographer 1.6 (tilgjengelig på <http://hordeum.oscs.montana.edu/genographer>), og dataene ble eksportert som en binær matrise.

Negative kontrollprøver og replikater fra DNA ekstraksjonene ble inkludert for å kunne oppdage forurensning, og for å kontrollere reproduserbarheten av dataene. Reproduserbarheten ble estimert som gjennomsnittlig antall korrekt reproduserte

markører (se Bonin med flere, 2004), og markører med lav reproduserbarhet ble tatt ut før videre analyser ble gjort. Markører som var tilstede eller fraværende i et lite antall individer tilsvarende feilmarginen i datasettet ble dobbeltsjekket, og beholdt dersom de var tydelige. Datasettene ble sjekket for koblede markører ved å bytte plass på individer og markører i matrisen, og lage et Neighbour-joining (NJ) tre basert på Simple Matching som avstandskoeffisient i programmet Treecon versjon 1.3b (Van de Peer & De Wachter, 1997).

Basert på morfologi ble alle individene ved innsamling bestemt til polarflokk, fjellflokk eller hybrid, og andelen monomorfe AFLP markører (tilstede i alle individer) og polymorfe AFLP markører ble telt opp med utgangspunkt i denne inndelingen.

For å visualisere likhetene og forskjellene mellom AFLP-fenotypene, utførte vi en ordinasjonsanalyse av datasettet (Principal Coordinates Analyse; PCoA) i programmet NTSYS-pc (Rohlf, 1999). Vi brukte Dices likhetskoeffisient, og kalkulerte matriser av parvise forskjeller, og alle AFLP fenotypenes hovedkoordinater langs de tre første aksene. Videre ble en NJ-analyse av alle individer basert på Nei og Lis genetiske distanse (1979) utført og 'bootstrapped' (1000 permuteringer) ved hjelp av Treecon versjon 1.3b (Van de Peer & De Wachter, 1997).

Differensiering mellom polarflokpopulasjonene ble estimert i en analyse av molekylær varians (AMOVA) i programmet Arlequin 3.11 (Excoffier med flere, 2007; tilgjengelig på <http://cmpg.unibe.ch/software/Arlequin3>). Neis genetiske diversitet (D) ble estimert som gjennomsnittlig antall parvise forskjeller mellom individer for hver populasjon (Kosman 2003). Det forventes at sjeldne markører akkumuleres i isolerte populasjoner, så private markører eksklusive for hver polarflokpopulasjon ble telt. For å unngå og sette en tilfeldig grense for hvorvidt en markør er sjelden eller ikke, regnet vi ut 'frequency down-weighted' markørverdier (DW) som et mål på en populasjons genetiske særegenhet (Schönswetter & Tribsch, 2005). For hver populasjon ble en relativ verdi på markørens tilstedeværelse regnet ut, før alle verdiene ble summert til en indeks på genetisk særegenhet for denne populasjonen. DW-verdien vil være høy i en populasjon som har et høyt antall sjeldne markører, og verdien er uavhengig av antall prøver per populasjon. Alle disse utregningene ble utført ved å bruke AFLPdat (Ehrich, 2006) i R 2.7.2 (R Team 2007).

4 Resultater

Av de 66 bladprøvene som ble samlet inn, fikk vi opp brukbare AFLP markører fra 46 individer polarflokk og polarflokk × fjellflokk, samt 15 fjellflokkindivider, totalt 61 individer. I tillegg fikk vi opp syv positive replikater av både DNA-ekstraheringen og AFLP analysen.

De to primerkombinasjonene resulterte i et endelig datasett med 208 AFLP markører som ikke var linket, hvorav 9 ble fjernet fordi de ikke lot seg reproducere tilfredsstillende. Basert på de syv replikatene ble reproduserbarheten av AFLP metoden beregnet til å være 97,42 %. Alle markører som kun var tilstede eller fraværende i et antall individer som tilsvarer nivået av denne reproduserbarheten (< 5) ble dobbeltsjekket, og alle ble beholdt fordi de framstod som entydige.

Det viste seg at alle de antatte hybridene hadde en intermediær posisjon mellom polarflokk og fjellflokk i alle analysene. I gjennomsnitt hadde polarflokk $72,1 \pm 4,5$ markører (74,6 % polymorfe), fjellflokk hadde $68,1 \pm 2,7$ markører (52,6 % polymorfe), mens hybridene hadde hele $102,6 \pm 4,9$ markører (60,1 % polymorfe; tabell 2). Andelen monomorfe og polymorfe markører i de ulike artene og hybridene ble talt opp, og polarflokk hadde høyest andel av polymorfe markører. Tilstedeværelsen av private og delte markører i polarflokk fra henholdsvis Bugøynes og Svalbard, polarflokk × fjellflokk og fjellflokk ble talt opp (tabell 3). Av de 91 polymorfe markørene tilstede i polarflokk var hele 32 markører private for Svalbard (kun tilstede der), mens Bugøynespopulasjonene hadde 5 (Kirkegården) og 4 (Yttersida) private markører hver. Hybridene delte mange markører med sine foreldrearter (45 med polarflokk og 29 med fjellflokk), men hadde selv ingen private markører. Et interessant funn er også at 11 markører som er tilstede i polarflokken fra Bugøynes, hybridene og fjellflokk, mangler i polarflokk fra Svalbard.

Alle polarflokkindivider var genetisk unike med unntak av tre genetisk like individer fra yttersida av Bugøynes.

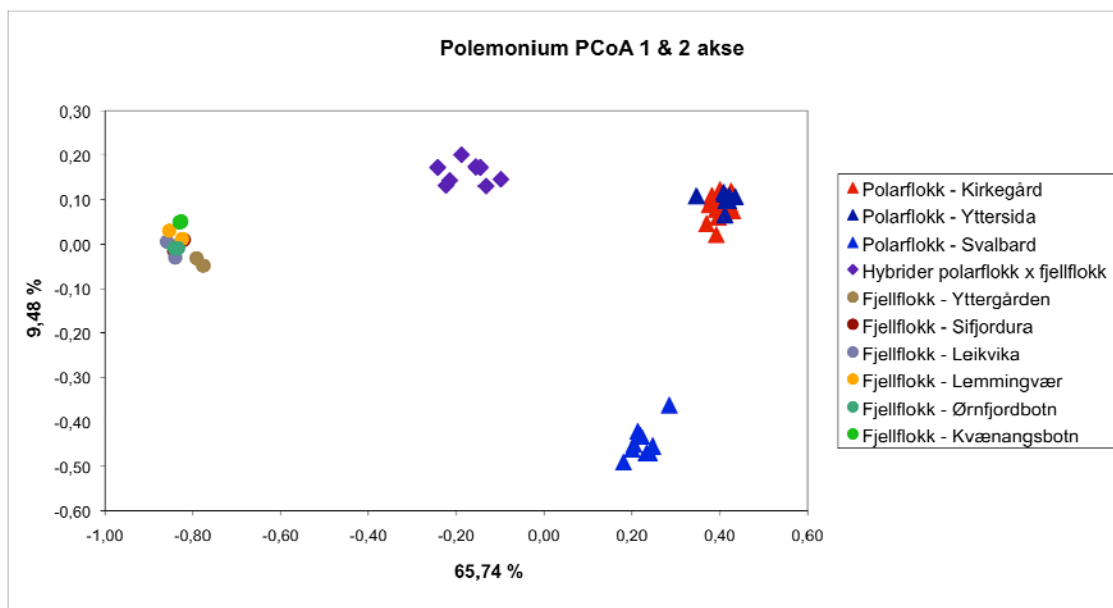
Tabell 2. Antall individer og AFLP markører i polarflokk, polarflokk × fjellflokk og fjellflokk, samt totalt i datasettet.

| | Antall individer | Totalt antall markører | Gjennomsnittlig antall markører ± standardavvik | Antall monomorfe markører | % polymorfe markører |
|-------------------------|------------------|------------------------|---|---------------------------|----------------------|
| Polarflokk | 38 | 122 | 72,1 ± 4,5 | 31 | 74,6 % |
| Polarflokk × fjellflokk | 8 | 138 | 102,6 ± 4,9 | 55 | 60,1 % |
| Fjellflokk | 15 | 95 | 68,1 ± 2,7 | 45 | 52,6 % |
| Totalt | 68 | 199 | 115,4 ± 11,9 | 41 | 79,4 % |

Tabell 3. Antall delte og private AFLP markører for polarflokk på Bugøynes og Svalbard, polarflokk × fjellflokk og fjellflokk. 1 = markør tilstede, 0 = markør mangler.

| | Private markører/mønster av delte markører | | | | | | | |
|-------------------------|--|----|---|---|----|---|----|----|
| | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Polarflokk Svalbard | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| Polarflokk Bugøynes | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Polarflokk × fjellflokk | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| Fjellflokk | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Totalt | 95 | 18 | 0 | 7 | 45 | 5 | 11 | 29 |

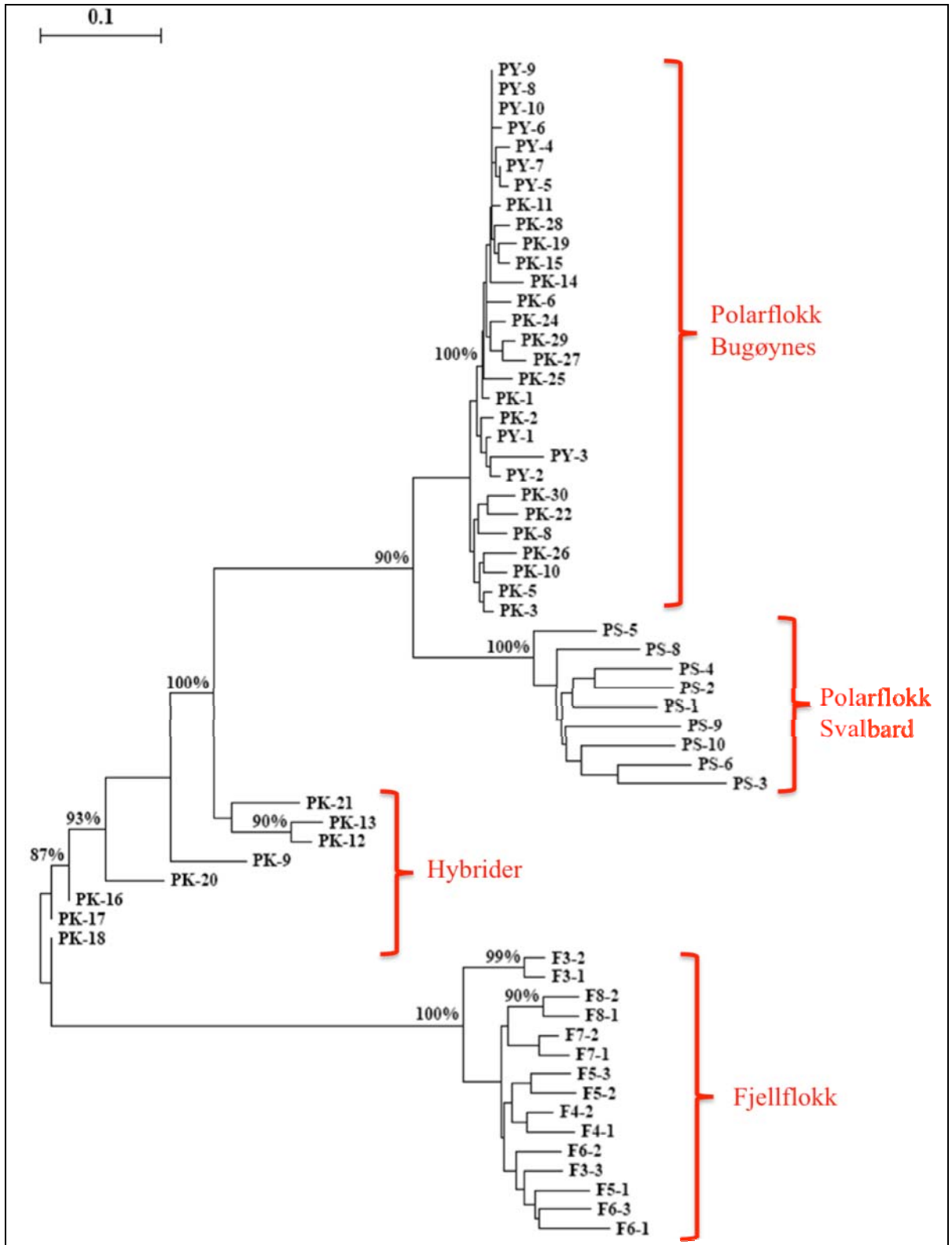
PCoA-plottet (figur 3) og NJ-treet (figur 4) visualiserer likheter og forskjeller i de genetiske dataene, og viser først og fremst den intermediære posisjonen til hybridene mellom polarflokk og fjellflokk, men også at den genetiske variasjonen i de to polarflokkpopulasjonene fra Bugøynes er overlappende. Langs den første aksene på PCoA-plottet, som forklarer hele 65,74 % av variasjonen i datasettet, er polarflokkindividene samlet til høyre og fjellflokkindividene til venstre, med hybridene midt i mellom. Andreaksen (9,48 %) separerer polarflokk fra Svalbard fra polarflokk på Bugøynes. I NJ-treet er alle polarflokkindividene fra Bugøynes samlet, alle polarflokkindividene fra Svalbard er samlet med 100 % bootstrapstøtte, alle fjellflokkindividene er samlet med 100 % bootstrapstøtte, og alle hybridindividene er samlet midt i mellom polar- og fjellflokk med 100 % bootstrapstøtte.



Figur 3. PCoA plott av 38 individer polarflokk (trekanter), 8 hybridindivider polarflokk \times fjellflokk (diamanter), og 15 individer fjellflokk (sirkler) basert på 158 polymorfe AFLP markører og Dice likhetskoeffisient.

En toveis AMOVA av de tre polarflokkepopulasjonene viste at 57,14 % av den genetiske variasjonen ble funnet mellom populasjonene, og 42,86 % ble funnet innen populasjonene. Dersom bare de to Bugøynespopulasjonene ble inkludert, ble bare 9,53 % av den genetiske variasjonen funnet mellom de to populasjonene.

Neis genetiske diversitet (D) var vesentlig lavere i polarflokkepopulasjonene på Bugøynes (Kirkegården 0,08; Yttersida 0,05) enn i populasjonen på Svalbard (0,28). Som et mål på genetisk særegenhet viste 'frequency down-weighted' verdiene (DW) at begge populasjonene på Bugøynes hadde lave verdier (Kirkegården 1,56; Yttersida 1,71) i forhold til Svalbard populasjonen (4,91).



Figur 4. Neighbour-Joining tre av 38 individer polarflokk (PK = Kirkegården og nærliggende hager, PY = Yttersida av Bugøyneset, PS = Svalbard), 8 hybridindivider polarflokk × fjellflokk (PK), og 15 individer fjellflokk (F1-6, se tabell 1) basert på 199 AFLP markører. Bootstrapverdier over 70 % er vist.

5 Diskusjon

Det finnes fortsatt hybrider av polarflokk \times fjellflokk på kirkegården i Bugøynes, og de skiller seg fra sine foreldrearter både morfologisk og genetisk. Alle individene som på bakgrunn av morfologi ble antatt å være hybrider under innsamlingen av plantematerialet, kom ut i en intermediær posisjon mellom polarflokk og fjellflokk i alle AFLP-analysene.

Dersom det foregår tilbakekrysning mellom hybridene og polarflokk eller fjellflokk, ville vi forventet å se en større genetisk diversitet i hybridene, med en eller flere hybrider plassert nærmere den ene foreldrearten i AFLP-analysene. På PCoA-plottet (figur 3) og NJ-treet (figur 4) er hybridene plassert midtveis mellom de to foreldreartene dersom vi utelukker Svalbardpopulasjonen av polarflokk, noe som antyder at det ikke skjer noen tilbakekrysning. Men, ser vi nærmere på fordelingen av private og delte AFLP-markører (tabell 3), så er det 11 markører som ikke finnes i polarflokk på Svalbard som er tilstede i polarflokk på Bugøynes (både på kirkegården og på yttersida), i hybridene og i fjellflokk. Denne delingen av markører kan antyde at det har skjedd tilbakekryssing med fjellflokk på Bugøynes, slik at polarflokk på Bugøynes faktisk er genetisk forurenset. Ti av disse markørene er tilstede i et fåtall polarflokkindivider, mens de er til dels veldig vanlige i hybridene og fjellflokk, noe som kan støtte en tilbakekryssningshypotese. Det andre alternativet er at disse 11 delte AFLP-markørene har en opprinnelse fra de to nært beslektede artenes felles opphav, og at de har gått tapt i de isolerte populasjonene på Svalbard på grunn av genetisk drift. Denne hypotesen støttes av funnet av flere av de delte markørene i begge delpopulasjonene av polarflokk på Bugøynes, og også at fire av dem bare finnes i populasjonen på yttersida av Bugøynes hvor det ikke har forekommet kjent hybridisering med fjellflokk. Dette spørsmålet kan ikke besvares godt uten å inkludere andre populasjoner av polarflokk fra for eksempel Russland i genetiske analyser.

De to delpopulasjonene av polarflokk på Bugøynes er til en viss grad genetisk særegne med 5 og 4 private AFLP-markører hver, men ellers er den genetiske variasjonen svært overlappende med bare 9,53 % av variasjonen forklart mellom populasjonene. Sammenlignet med Svalbardpopulasjonen har de veldig lav genetisk diversitet og særegenhet, noe som kan tyde på at denne sørlige og disjunkte forekomsten av

polarflokk er genetisk utarmet. Til tross for dette har begge Bugøynespopulasjonene bevaringsverdi med sin unike genetiske diversitet.

6 Forvaltningstiltak

Forekomstene av polarflokk på Bugøynes er meget godt kjent, og lokalbefolkningen verner om dem. Det er allerede iverksatt flere tiltak for å verne om planten, blant annet er det en person som holder spesielt oppsyn med arten. I tillegg er det ikke lov å plante fjellflokk på kirkegården, men dette forbudet overholdes ikke fullstendig. I august hvert år slås området for å hindre gjengroing av polarflokken. Alm med flere (1995) oppsummerte et par ekstra tiltak for å redde polarflokken, og resultatene av den foreliggende undersøkelsen understøtter disse tiltakene fullt ut:

1. Delbestanden av polarflokk på kirkegården må overvåkes, og hybridene må fjernes. Uansett om hybridene tilbakekrysser med polarflokk eller ikke, så kan hybridene konkurrere med polarflokken om det samme habitatet.
2. Eventuell resterende fjellflokk på kirkegården må fjernes, og folk på Bugøynes må unngå å ha fjellflokk i hagene. Så lenge det vokser fjellflokk på eller i nærheten av kirkegården, så vil det være en reell fare for at humler flyr i mellom artene og kryssbestøver, slik at hybrider oppstår.
3. Det er nødvendig med overvåkning og trolig også skjøtsel av populasjonen på yttersiden av Bugøyneset, da den er truet av gjengroing, og beitet i området kan påvirke dette.
4. Lokalbefolkningen må få informasjon om funnene i denne undersøkelsen, for eksempel gjennom et avisoppslag i lokalavisa.
5. *Ex situ* bevaring av polarflokk fra Bugøynes er et svært aktuelt tiltak. De to delpopulasjonene på Bugøynes er i stor grad genetisk overlappende, men det ble påvist flere private markører i dem begge. Det bør derfor tas vare på individer fra begge populasjonene i *ex situ* bevaring.

7 Litteratur

- Alm T., Alsos I.G., Bråthen K.A. & Often A. 1995. Ta vare på polarflokken!
Polarflokken 19: 177-180.
- Alsos I.G., Eidesen P.B., Ehrich D., Skrede I., Westergaard K., Jacobsen G.H.,
Landvik J.Y., Taberlet P. & Brochmann C. 2007. Frequent long-distance plant
colonization in the changing Arctic. *Science* 316: 1606-1609.
- Arnesen G., Westergaard K.B. & Aalerud C. 2010. Handlingsplan for trua karplanter i
Finnmark. Fylkesmannen i Finnmark. Hengegras (CR), altaihaukeskjegg (RE),
russearve (CR), polarflokk (CR), kvitsjøsalturt (EN), tatarsmelle (CR),
finnstjerneblomst (CR), pomorstjerneblomst (CR), kolastjerneblomst (CR) og
finnmarkssvineblomst (CR). Utarbeidet, ikke vedtatt.
- Bonin A., Bellemain E., Eidesen P.B., Pompanon F., Brochmann C. & Taberlet P.
2004. How to track and assess genotyping errors in population genetics studies.
Molecular Ecology 13: 3261-3273.
- Ehrich D. 2006. AFLPdat: a collection of R functions for convenient handling of
AFLP data. *Molecular Ecology Notes* 6: 603-604.
- Excoffier L., Laval G., Schneider S. 2007. Arlequin ver. 3.11. An Integrated Software
Package for Population Genetics. Computational and Molecular Population
Genetics lab (CMPG), Institute of Zoology, University of Bern, Bern.
- Kosman E. 2003. Nei's genetic diversity and the index of average differences are
identical measures of diversity within populations. *Plant Pathology* 52: 533-535.
- Kålås J.A., Viken Å., Henriksen S. & Skjelseth S. (red.) 2010. Norsk rødliste for arter
2010. Artsdatabanken, Norge.
- Nei M. & Li W.H. 1979. Mathematical modell for studying genetic variation in terms
of restriction endonucleases. *Proceedings of the National Academy of Sciences
USA* 76: 5269-5273.
- Norman J.M. 1868. *Polemonium pulchellum* Bunge, nova Floræ Scandinavicæ.
Botaniska Notiser 124-125.
- Norman J.M. 1900. Norges Arktiske Flora. I. Speciel plantetopografi. Andre del.
Kristiania.
- R Development Core Team 2007. A language and environment for statistical
computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien.
- Rohlf F. 1999. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System.
Exeter Software, New York.

Schönswetter P. & Tribsch A. 2005. Vicariance and dispersal in the alpine perennial *Bupleurum stellatum* L. (Apiaceae). *Taxon* 54: 725-732.

Van de Peer Y. & De Wachter R. 1997. Construction of evolutionary distance trees with Treecon for Windows: accounting for variation in nucleotide substitution rate among sites. *Computer Applications in the Biosciences* 13: 227-230.

Worley A.C., Ghazvini H. & Schemske D.W. 2009. A phylogeny of the genus *Polemonium* based on Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP) markers. *Systematic Botany* 34: 149-161.