

Behov for styrking av feltforsningsmetodikk?

Bjarne Gjerde

FHF Lusekonferansen 2026
Clarion Hotell & Congress Trondheim 03.02.2026

Metodikk for å kunne dokumenter tiltak mot lakselus

Mekaniske

Fôr, A vs. B,

Rensefisk, utan vs. med ulikt % innslag

Laser, utan vs. med

Opne vs. lukka/semi-lukka merdar

Skjørt, Kjemiske, Ferskvatn, Vaksiner, Straum gjerder, Ultralyd, Avl

Kommersielle merdar, svært mange fisk (100 000)

Forsøksmerdar (1000 – 10 000 fisk)

Telje lus på eit (tilfeldig?) sample fisk

Låg terskel for avlusing, 0.5 vaksne holus/fisk

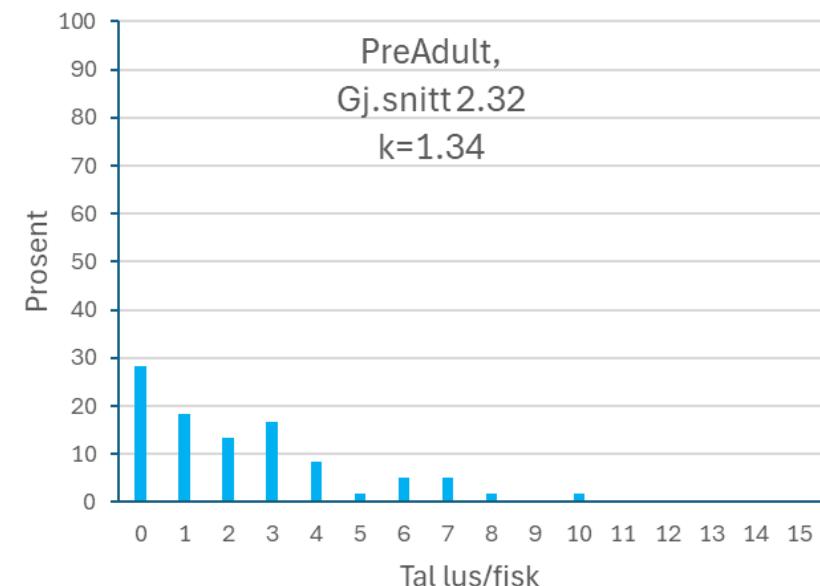
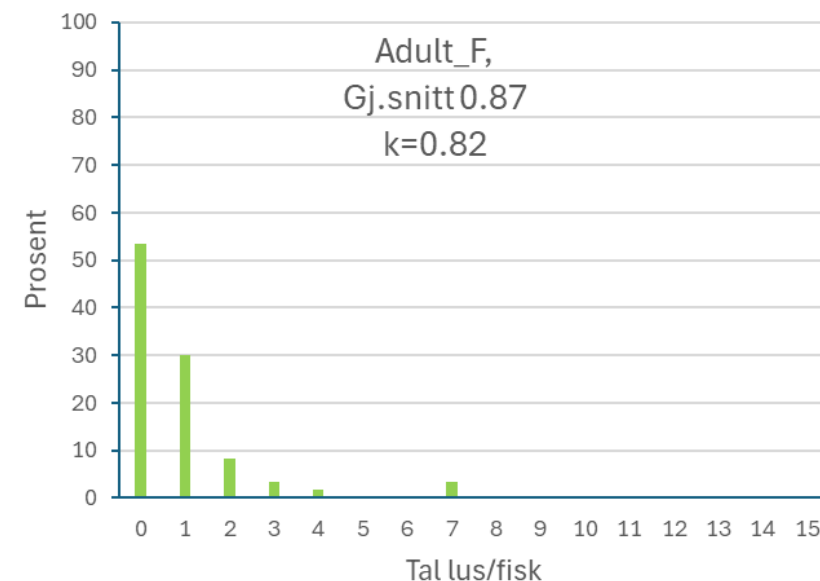
Tal lus per fisk ein negativ-binomial fordelt eigenskap

Påliteleg rapportering: Kor mange fisk per merd?

To grupper i same merd: Kor mange fisk per gruppe?

To eller fleir merdar per behandling:

- Kor mange merdar per behandling?
- Kor mange fisk må teljast per merd?



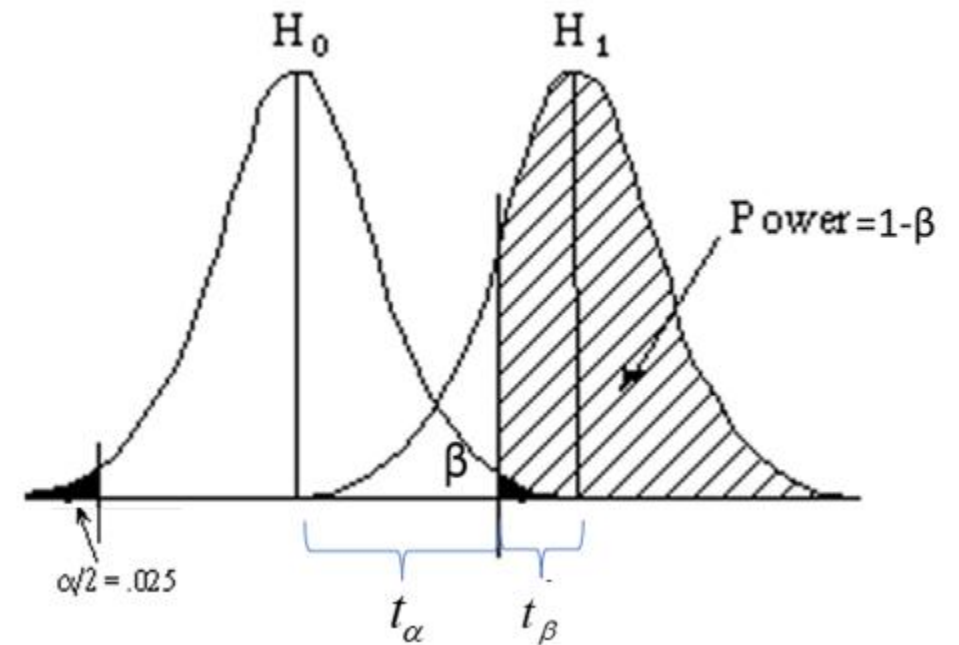
Svært viktig å definere forskningshypotesen

H_0 : Ingen effekt av ein gitt behandling (B) på den studerte eigenskapen, tal lus per fisk

H_1 : Signifikant effekt av B_2 vs. B_1

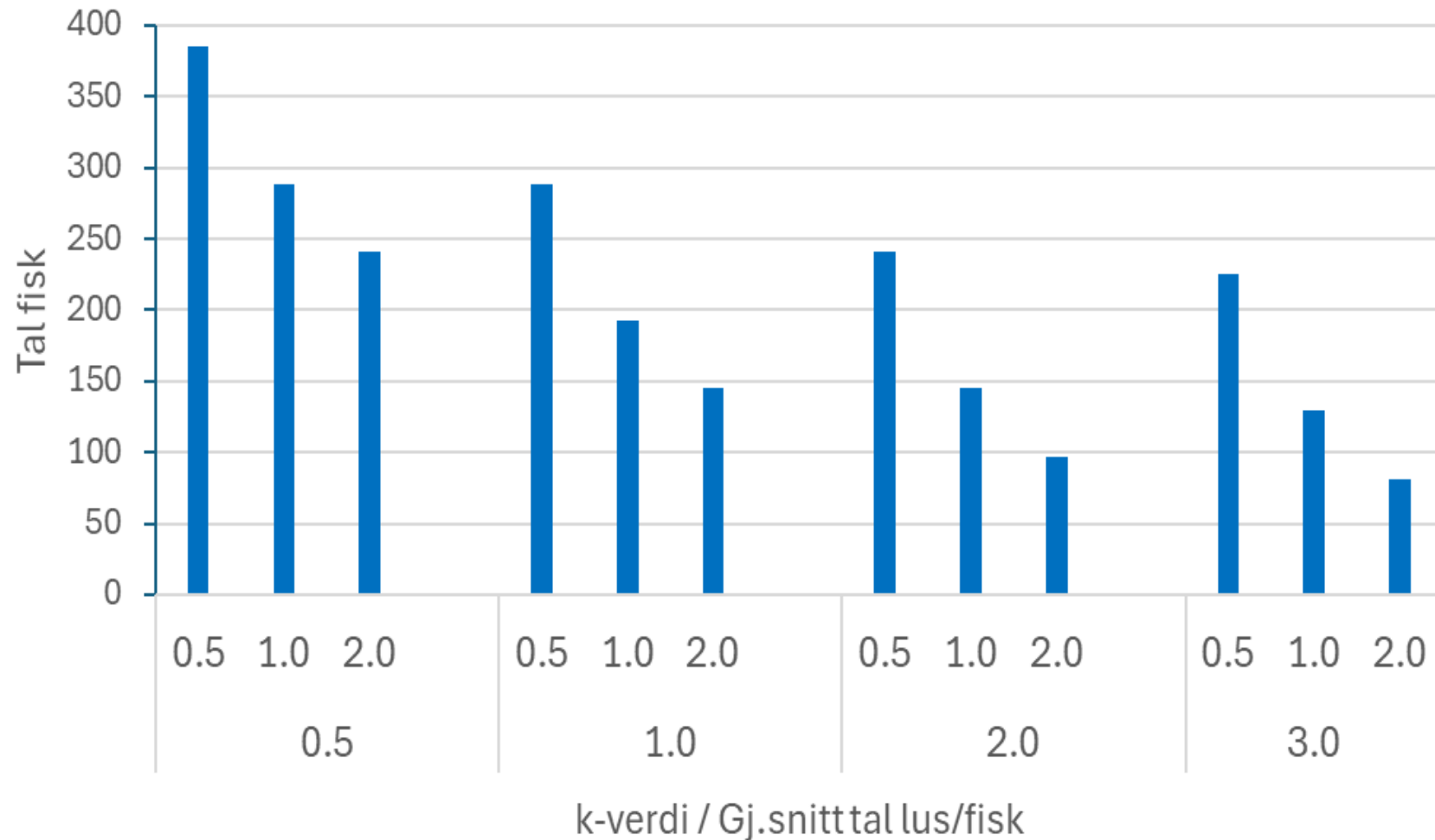
- Definere storleiken på behandlings effekten Diff. = $B_2 - B_1$
- Tosidig ($B_1 \neq B_2$) eller einsidig ($B_2 < B_1$) test
- Type-I feil (e.g. $\alpha=0.05$, 0.01) eller Type-II feil (e.g. $\beta=0.20$, 0.10; Styrke= 0.80 , 0.90)

H_0	Accept	Reject
True	$1-\alpha$	α = Type I error
False	β = Type II error	Power = $1-\beta$



Ei gruppe fisk i ei merd

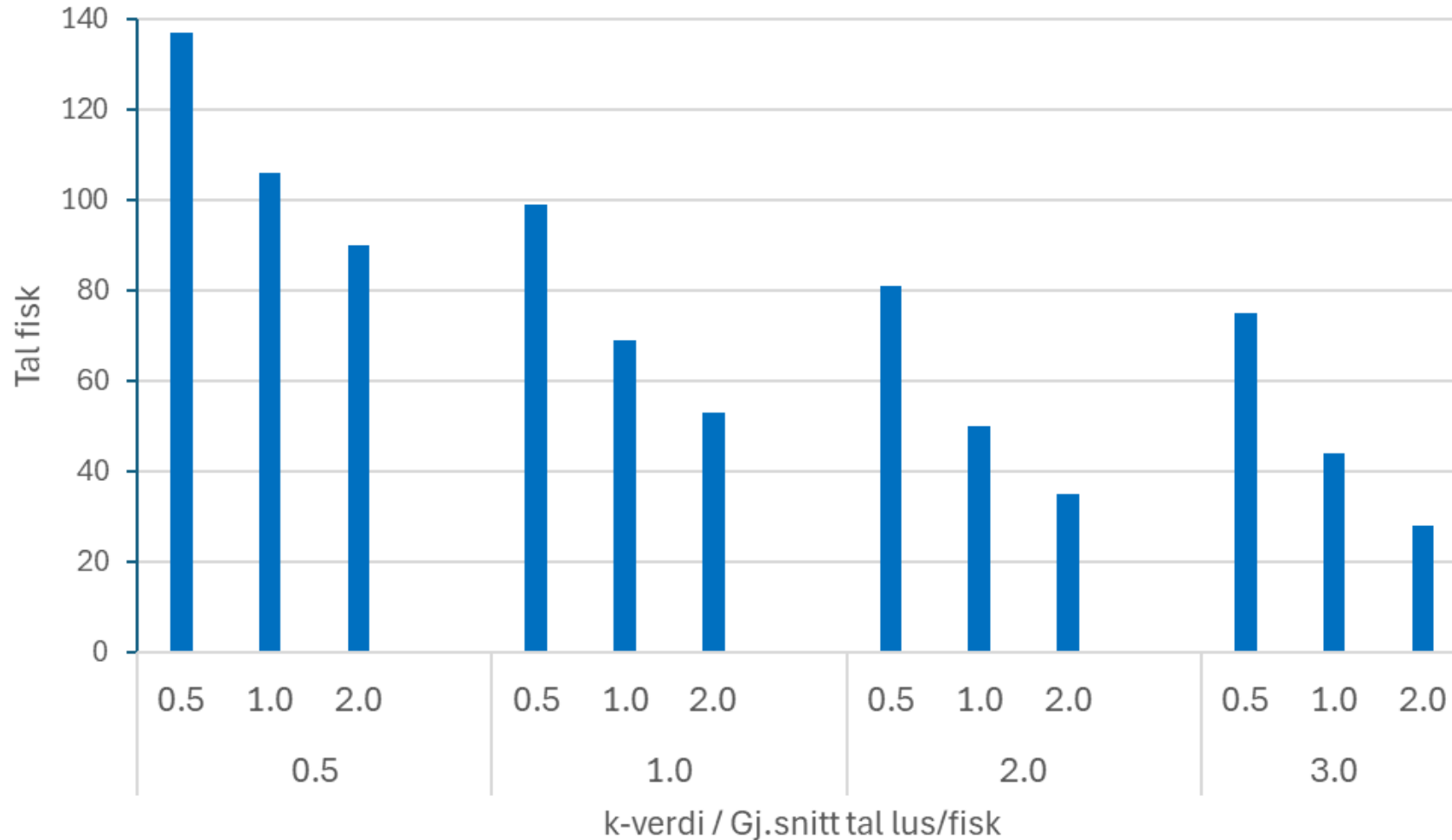
Tal fisk ein må telje får å kunne få eit estimat for tal lus/fisk som ligg innanfor $\pm 20\%$ av gjennomsnittet (95% konfidensintervall).



Tilfeldig utval frå
100 000 fisk?

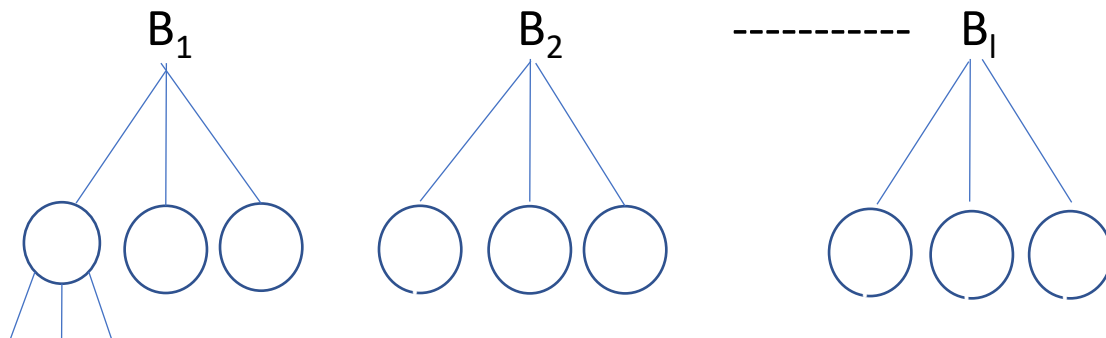
To grupper fisk i same merd

Tal fisk ein må telje per gruppe for å kunne påvise ein 50% reduksjon i gj.snitt tal lus/fis/gruppe, Type-I feil 0.05, Styrke=0.80.



Tilfeldig utval frå 500?,
1000? fisk/gruppe?

To eller fleire merdar per behandling



$$y_{ijk} = B_i + r_{ij} + e_{ijk}$$

Tal lus/fisk

$\sigma_{r(B)}^2$

σ_e^2

Variasjon i tal lus per fisk mellom fisk i kvar merd

Variasjon i gj.snitt tal lus per fisk mellom merdar innan kvar behandling

$$IKK = \frac{\sigma_{r(B)}^2}{\sigma_{r(B)}^2 + \sigma_e^2} = ? (0.01, 0.02, 0.03, ?)$$

Intraklasse korrelasjonen

Data

- **FHF-Telling av lakselus, forbedret metodikk, Ingrid Lein, Nofima**

Lokalitet A, B, C

- 3 lokaliteter, 3 merdar/lokalitet, kommersiell merdar
- Lus telt kvar 14. dag, 20 fisk/merd/sample; febr - april 2015
- Gj.snitt vekt 2-4 kg (A), 1-2 kg (B), 0.8-1.3 kg(C)

- **FHF-LuseMet, Samanta Bui, HI-Matre**

Lokalitet D

- 3 12mx12m merdar,
- Lus telt 13. mai (30 fisk/merd) og 28. mai (20 fisk/merd) 2020
- Gj.snitt vekt 620 g

Lokalitet E1

- 3 kommersielle merdar
- Lus telt 14 gongar, 30 fisk/merd/sample, des 2020 - okt 2021
- Gj.snitt vekt 150 g - 2.6 kg

Lokalitet E2

- 3 kommersielle merdar,
- Lus telt 13 gongar, 20 fisk/merd/sample; nov 2022 - sept 2023,
- Gj.snitt vekt 160 g - 3.2 kg

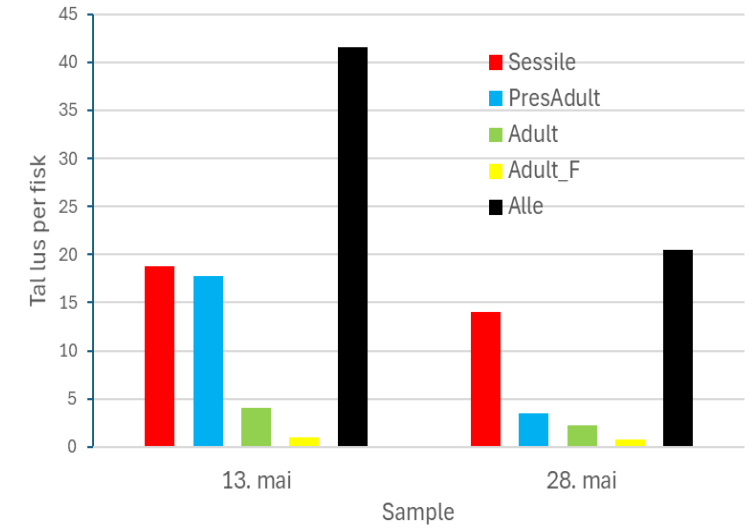
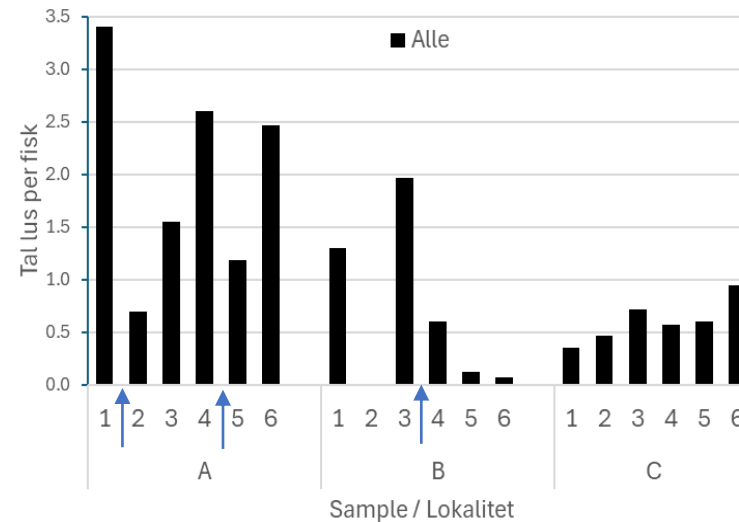
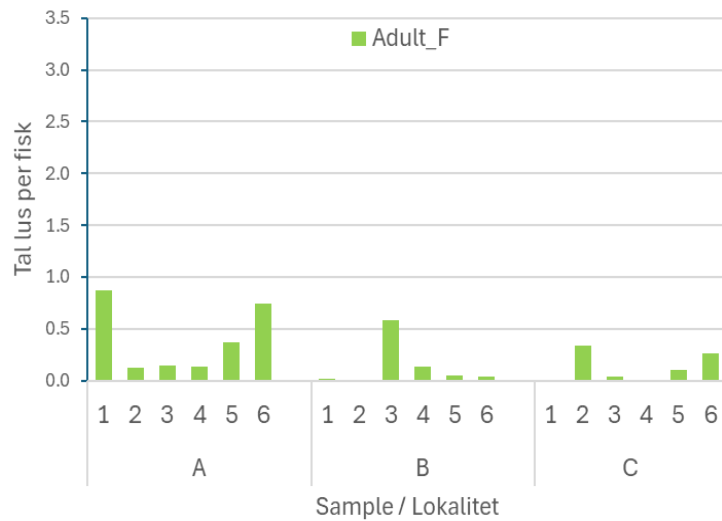
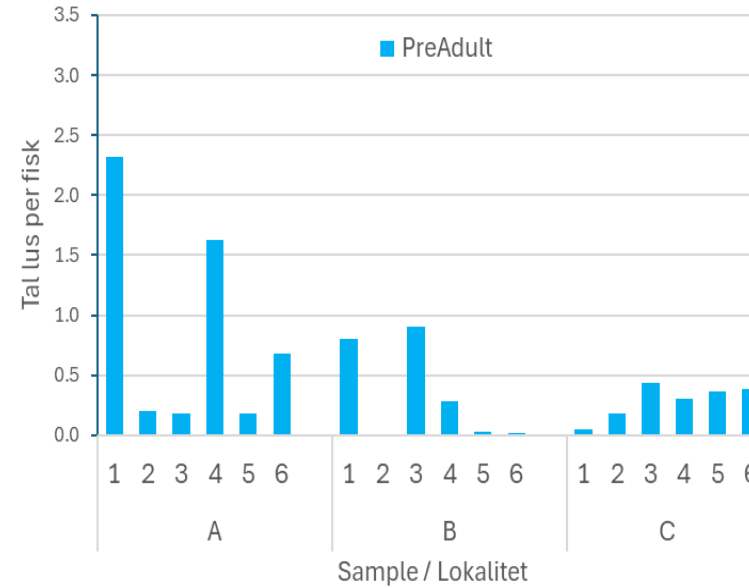
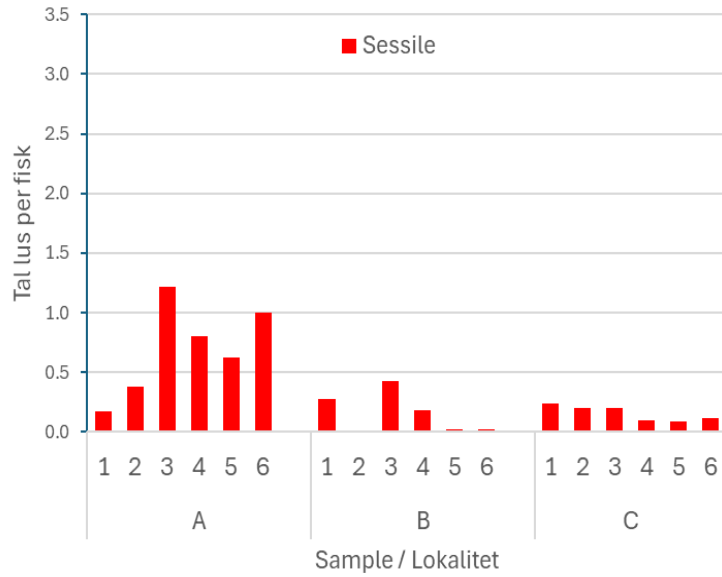
Ingen behandling, erstatte B med S=sampling
Separat analyse av data frå kvar lokalitet

$$y_{ijk} = S_i + r_{ij} + e_{ijk}$$

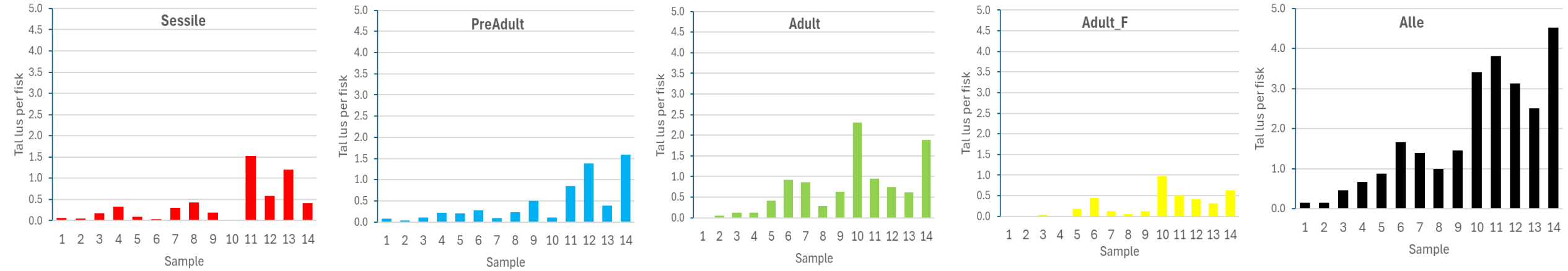
Sessile
PreaAdult
Adult
Adult_F
Totalt

Lokalitet A, B og C

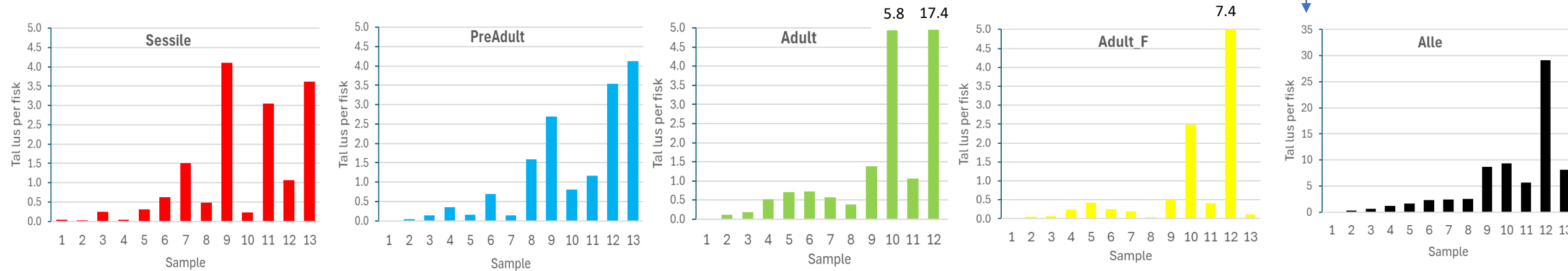
Lokalitet D



Lokalitet E1

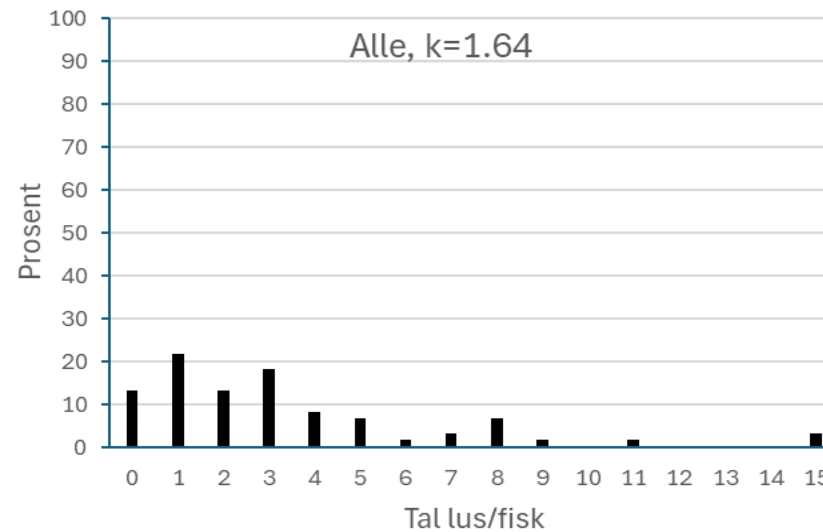
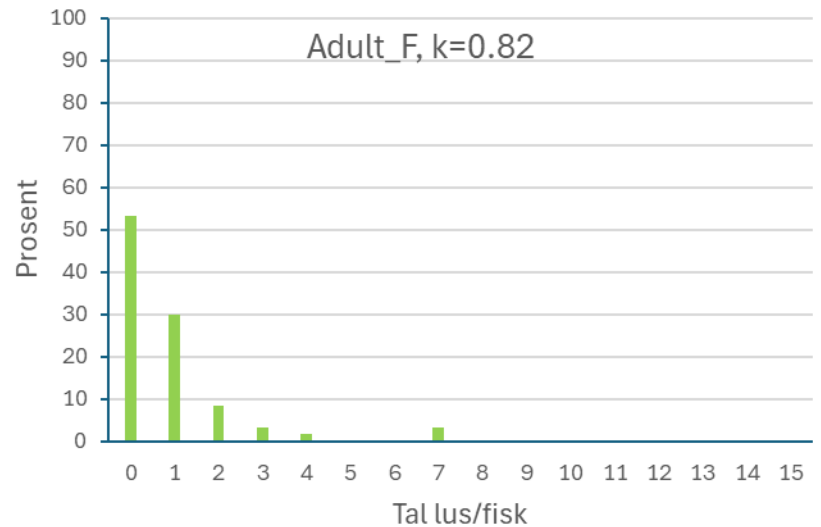
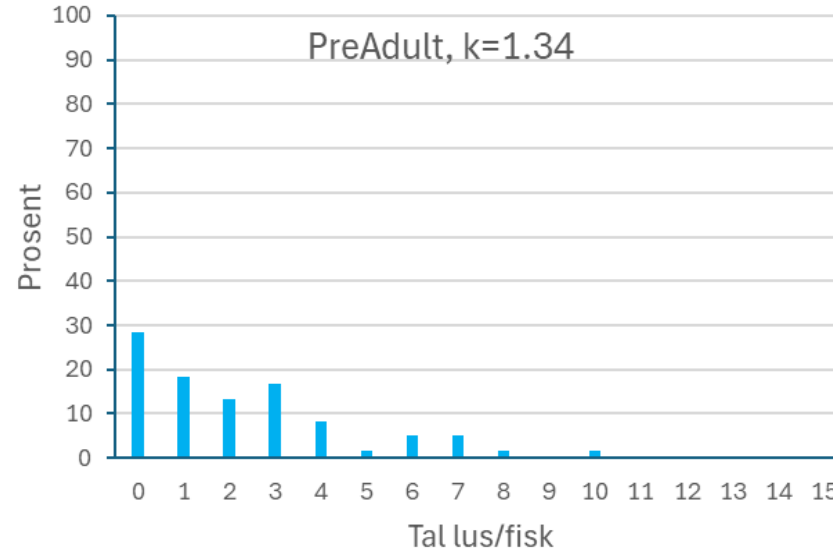
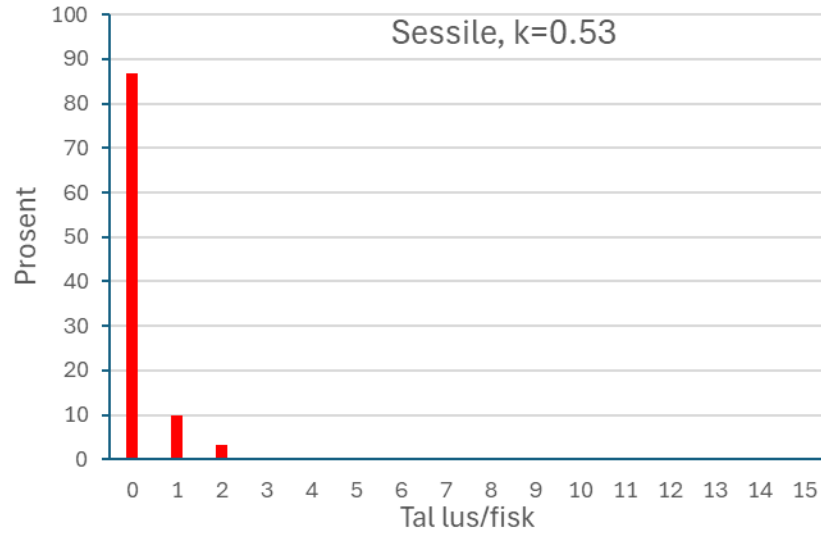


Lokalitet E2



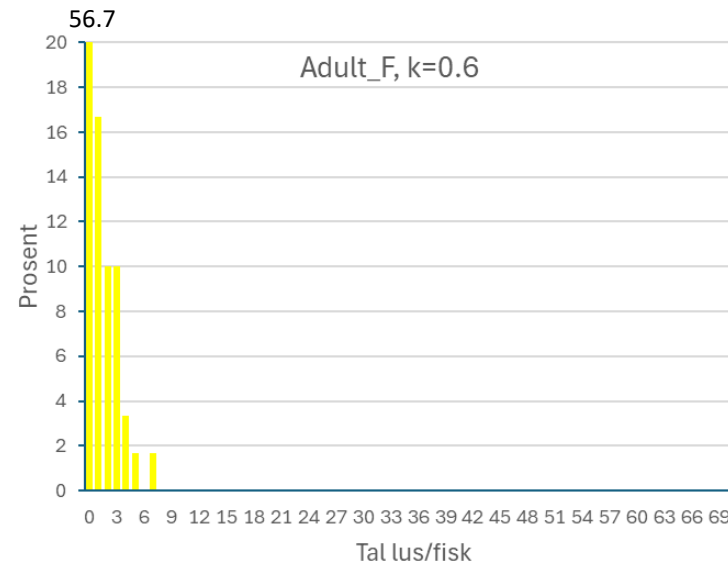
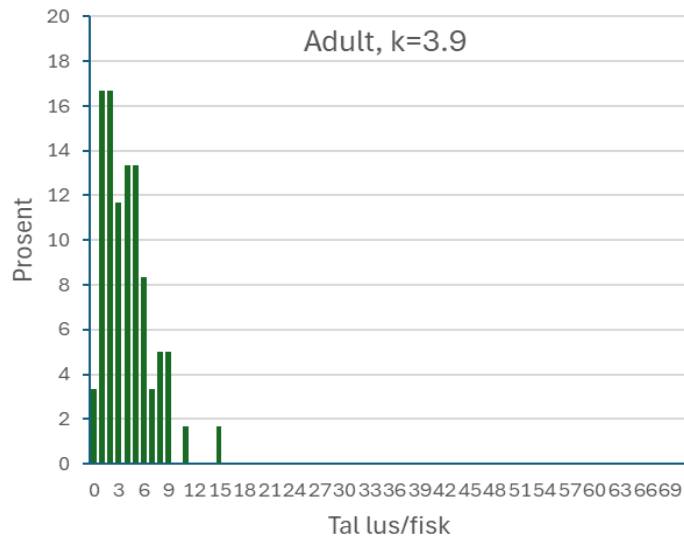
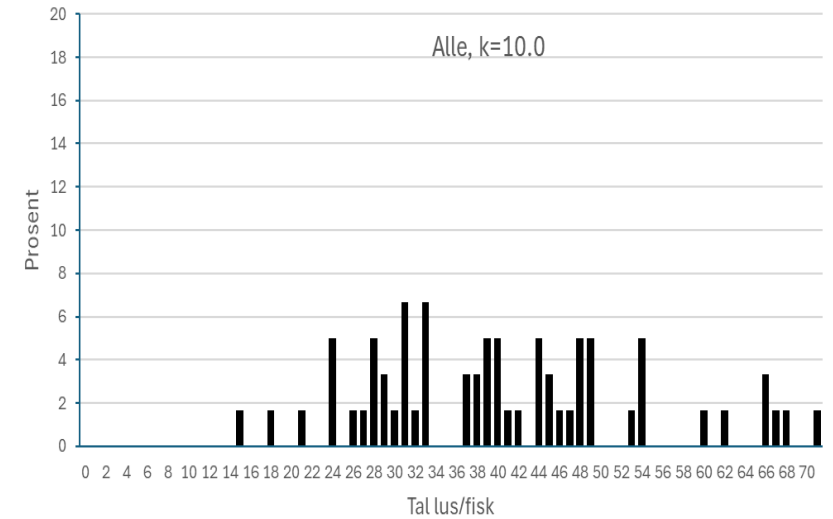
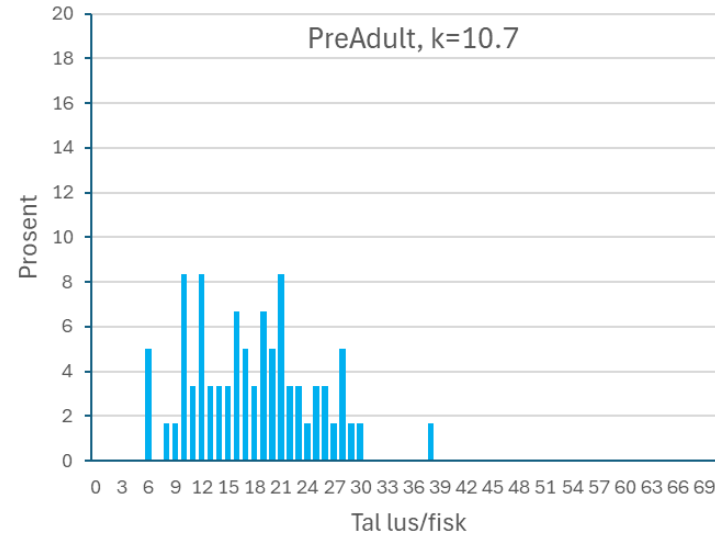
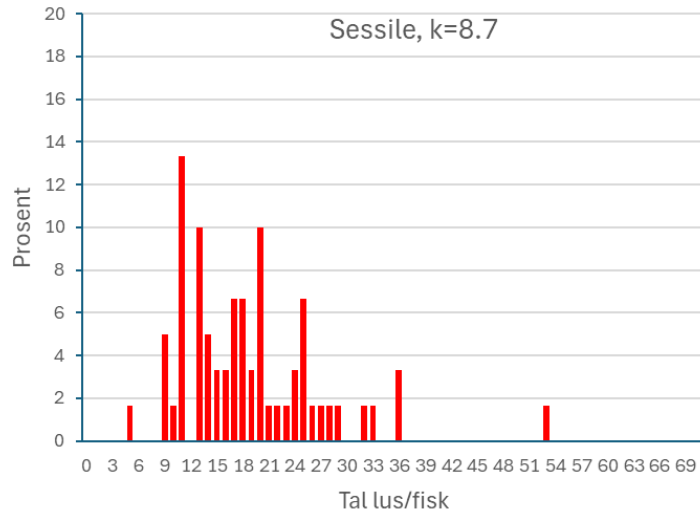
Fordeling av tal lus per fisk

Lokalitet A, sample 1



Fordeling av tal lus per fisk

Lokalitet D, sample 1



Sessile, Adult og Adult_F: NB alle bedre enn Normal
PreADult: NB litt bedre enn Normal
Adult_F: Test zero-inflated NB

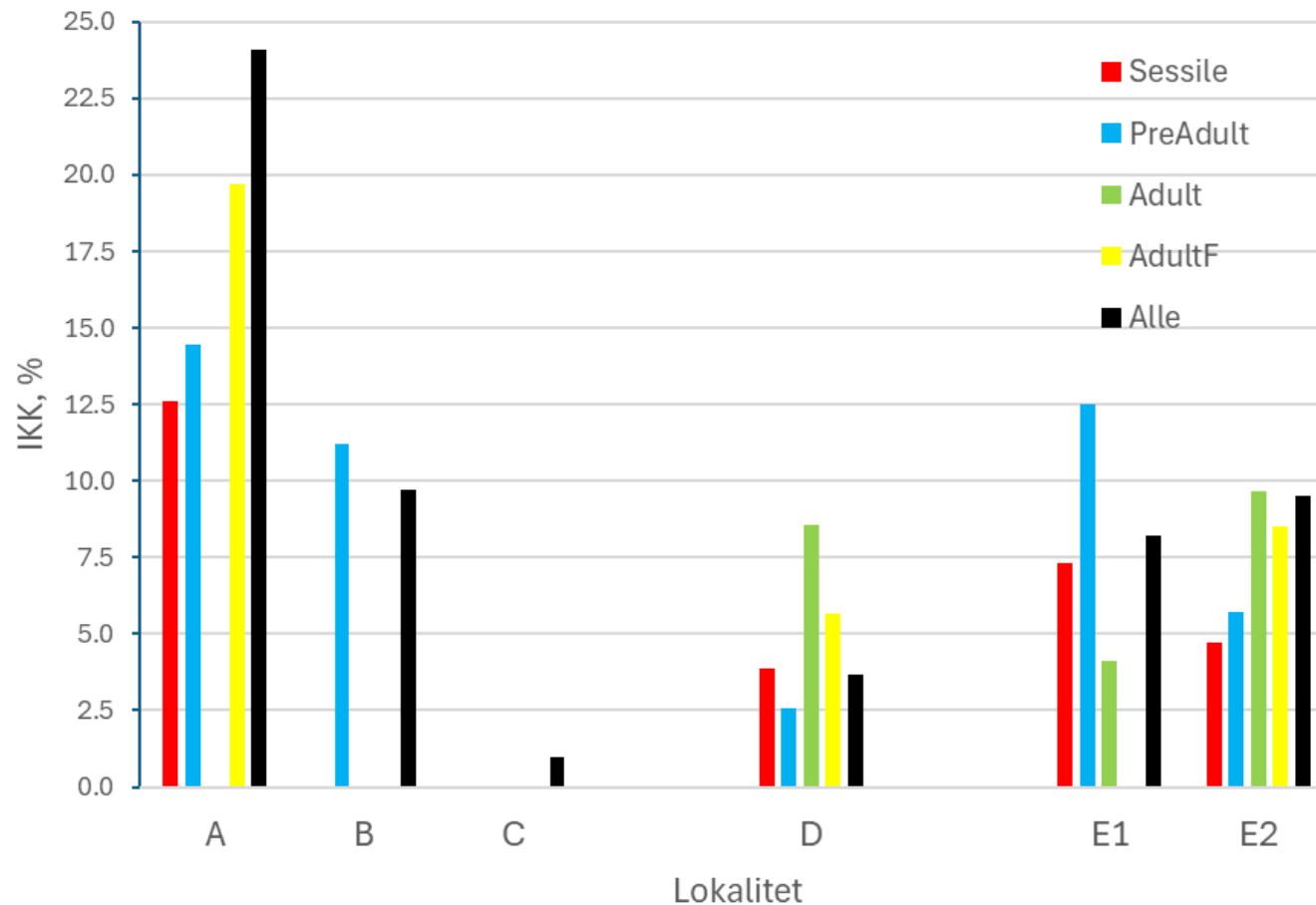
Parameter estimat for kvar lokalitet

A, B, C, D, E1 og E2

$$y_{ijk} = S_i + r_{ij} + \alpha_{ijk}$$

Negativ binomial model, $\log \hat{\mu}_i = \log (\bar{y}_{i..})$

$$IKK = \frac{\sigma_{r(S)}^2}{\sigma_{r(S)}^2 + \alpha_e^2}$$



Pålitelegheita av desse estimate pga. få fisk per merd?

Utrekning av styrke – negativ binomial fordeling

$$\text{LogDiff} = \log \hat{\mu}_2 - \log \hat{\mu}_1$$

$$\text{VarLogDiff} = \text{Var}(\log \hat{\mu}_2 - \log \hat{\mu}_1) = \text{Var}(\log \hat{\mu}_2 + \log \hat{\mu}_1)$$

$$Z = \frac{\text{LogDiff}}{\sqrt{\text{VarLogDiff}}}$$

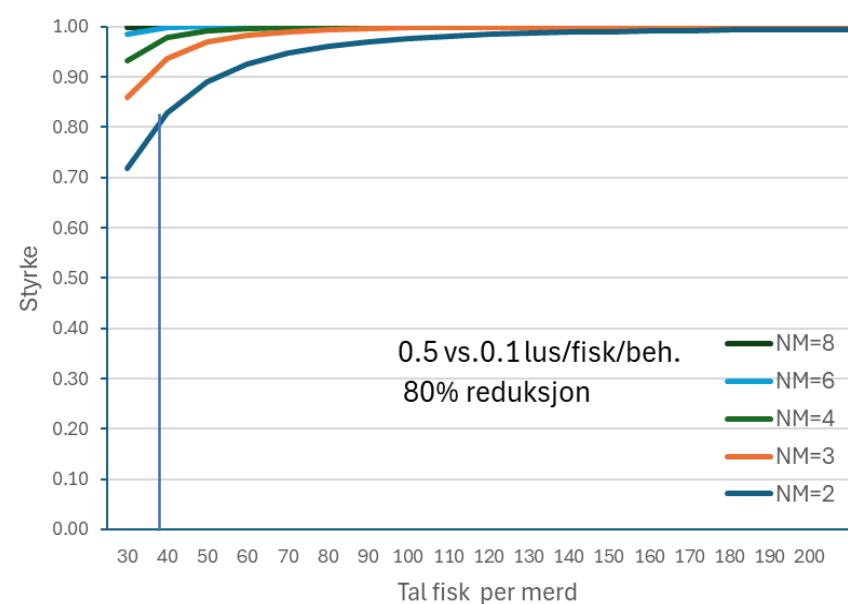
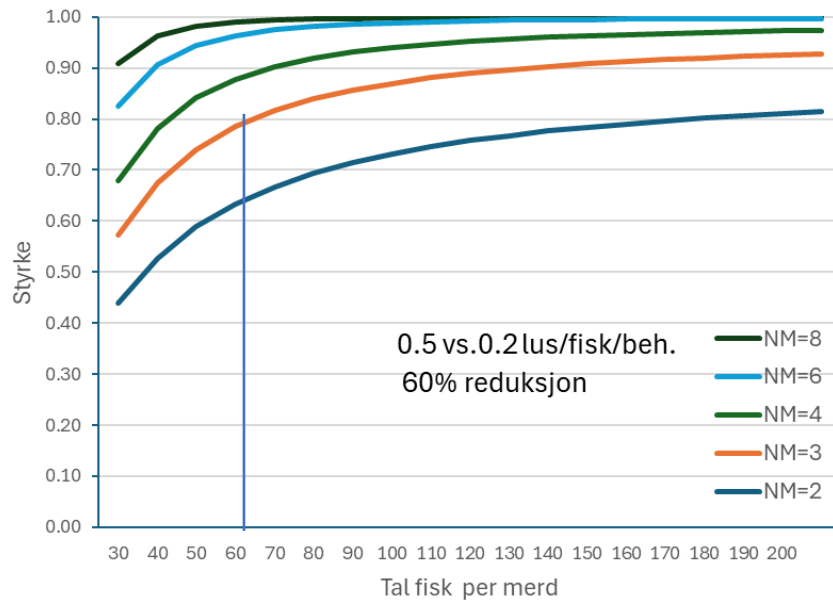
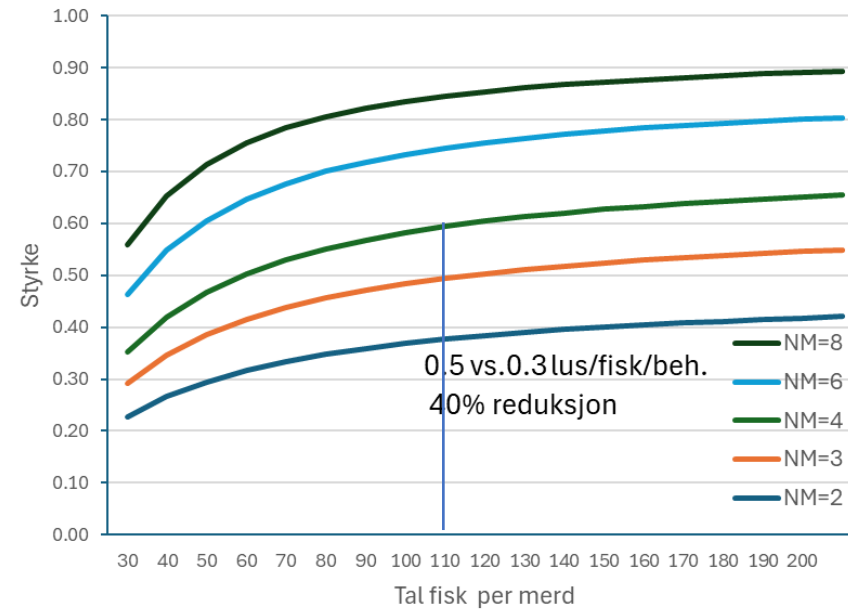
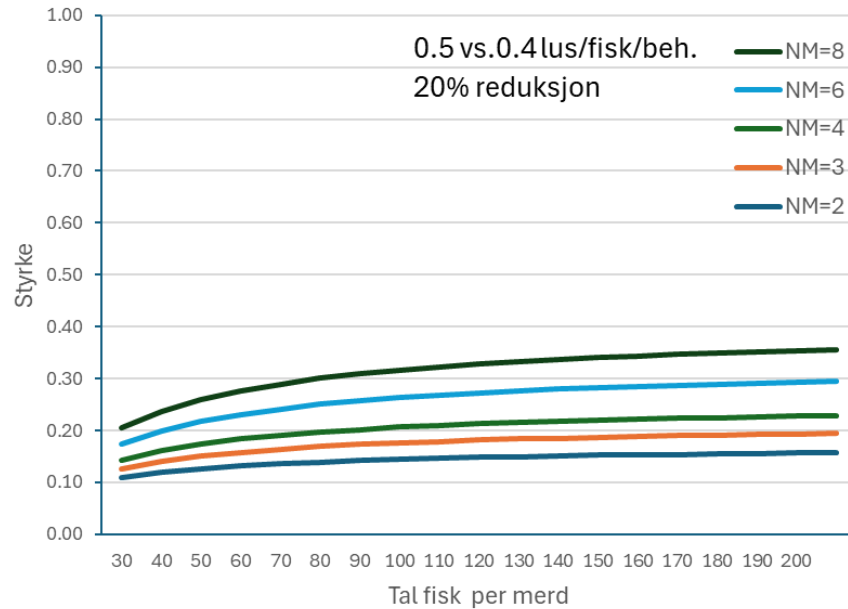
Tosidig test

$$\text{Power} = 1 - \Phi(1.96 - Z_{\text{obs}}) + \Phi(-1.96 - Z_{\text{obs}})$$

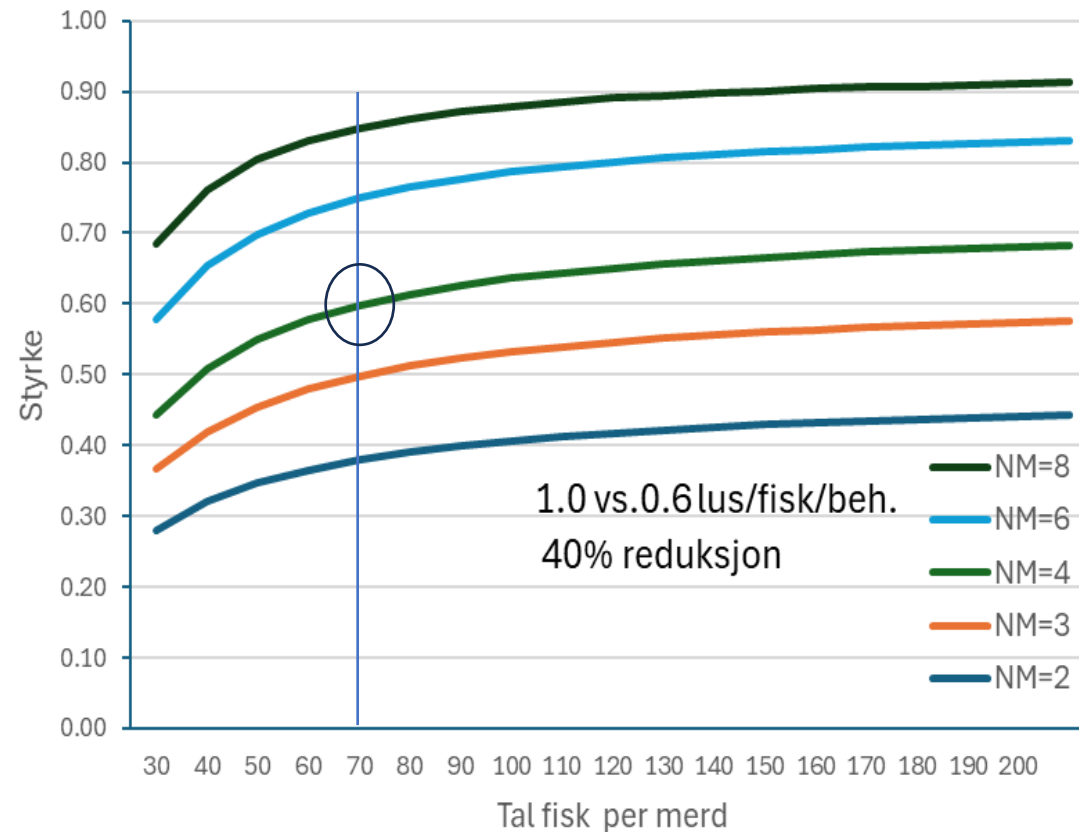
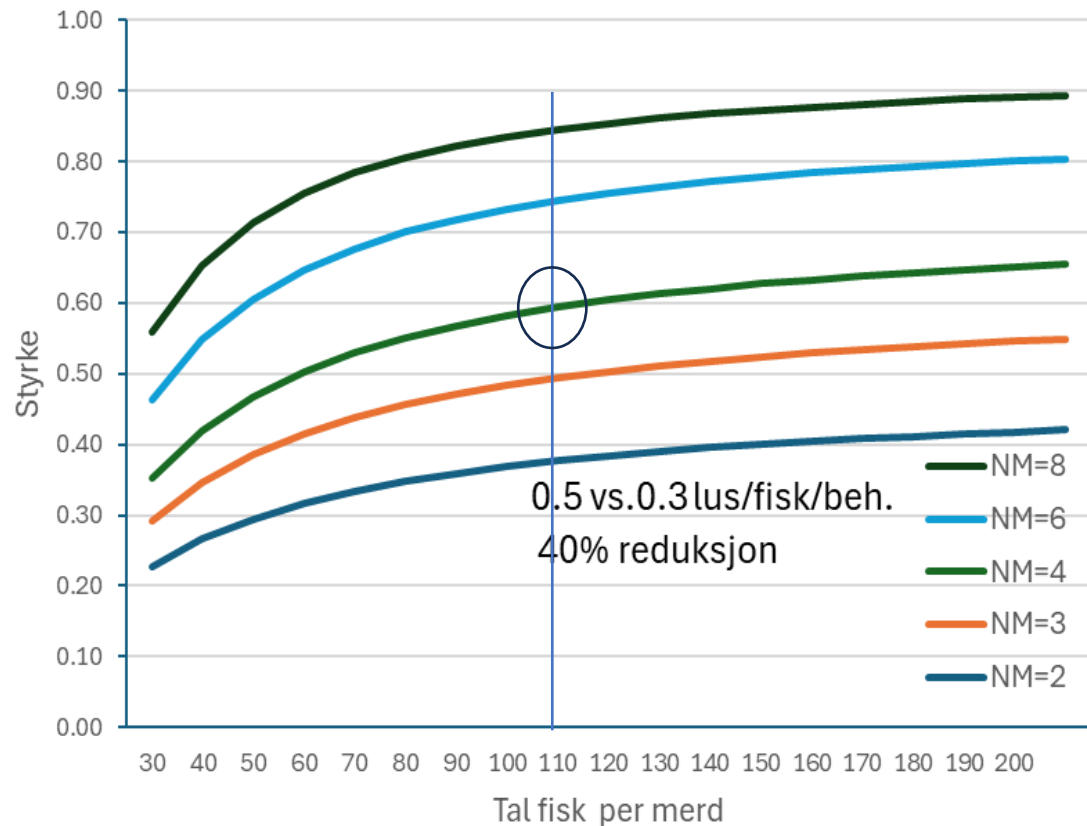
Insidig test

$$\text{Power} = 1 - \Phi(Z_{\alpha} - Z_{\text{obs}})$$

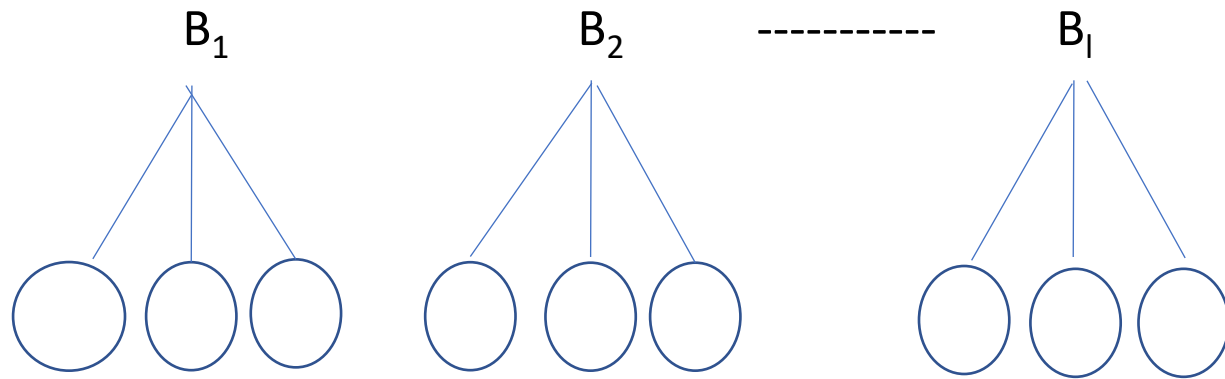
Styrke kurver – 20, 40, 60 eller 80% reduksjon frå 0.5 lus/fisk



40% reduksjon frå i gj.snitt 0.5 eller 1.0 lus per fisk



Ny teknologi - digitale kamera, lazer



$$y_{ijk} = B_i + r_{ij} + \alpha_{ijk}$$

Gj.snitt tal lus/merd/dag

$$\bar{y}_{ij.} = B_i + e_{ij}^*$$

$$e_{ij}^* = \log(1 + 1/\hat{\mu}_1 + \sigma_\alpha^2/n)$$

For like mage fisk, $\bar{y}_{ij.}$ same resultat som y_{ijk}
Modellere utvikling i $\bar{y}_{ij.}$ over tid

Konklusjon

Å gjennomføre gode forsøk med lus er svært krevjande

- svert låg grense for avlusing
- tal lus per fisk er negativ binomisk fordelt
- svært arbeidskrevjande å telje eit stort nok og tilfeldig utval fisk i frå ei merd med svært mange fisk
- dagens var.komp estimat for merd(beh.) og feil(merd) er truleg svært usikre pga. å fisk telt per merd

Digital kamera teknologi vil truleg gi langt meir presise estimat

- langt fleire og også tilfeldige fisk målt i løpet av ein dag
- bruke data frå mange påfølgjande dagar

For 20, 30, 40, ... 80% reduksjon i tal lus/fisk

- kor mange færre avlusingar?