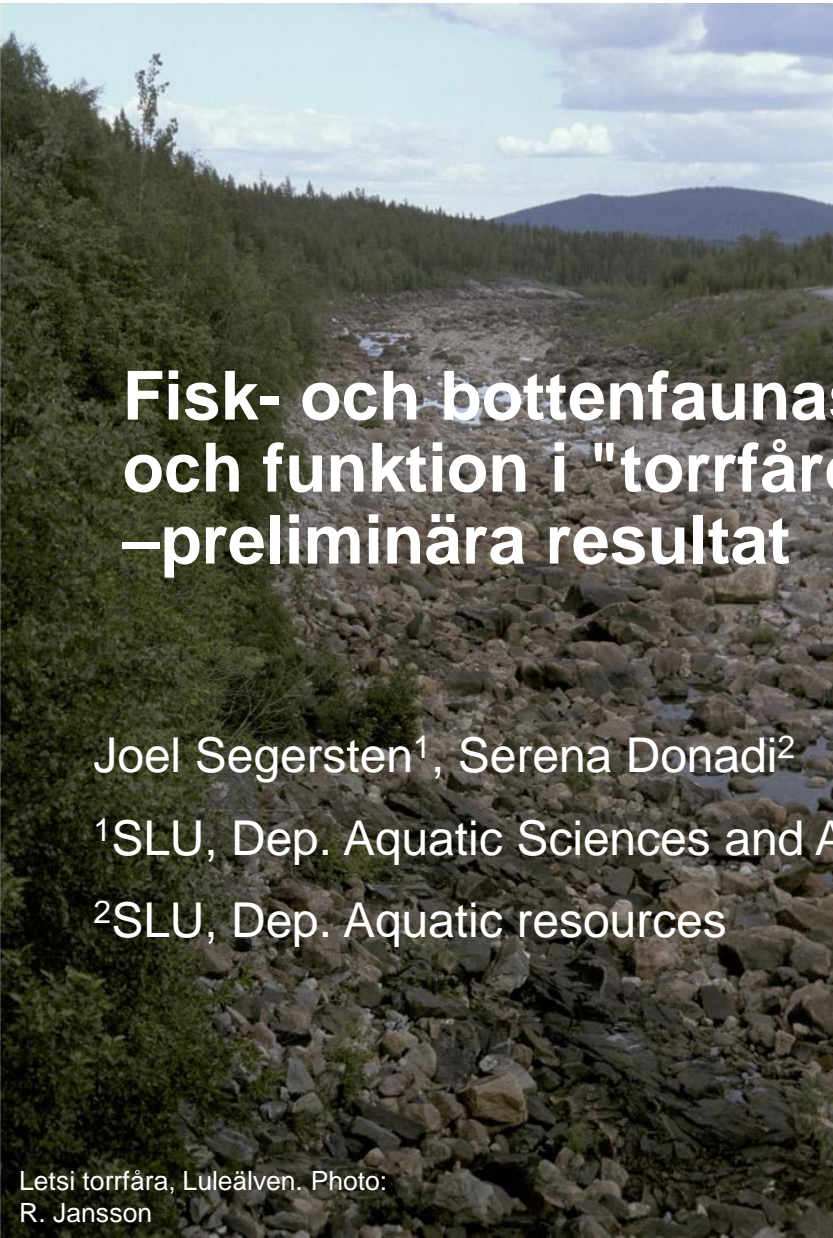


Fisk- och bottenfaunasamhällets struktur och funktion i "torrfåror" vid vattenkraftverk –preliminära resultat

Joel Segersten¹, Serena Donadi²

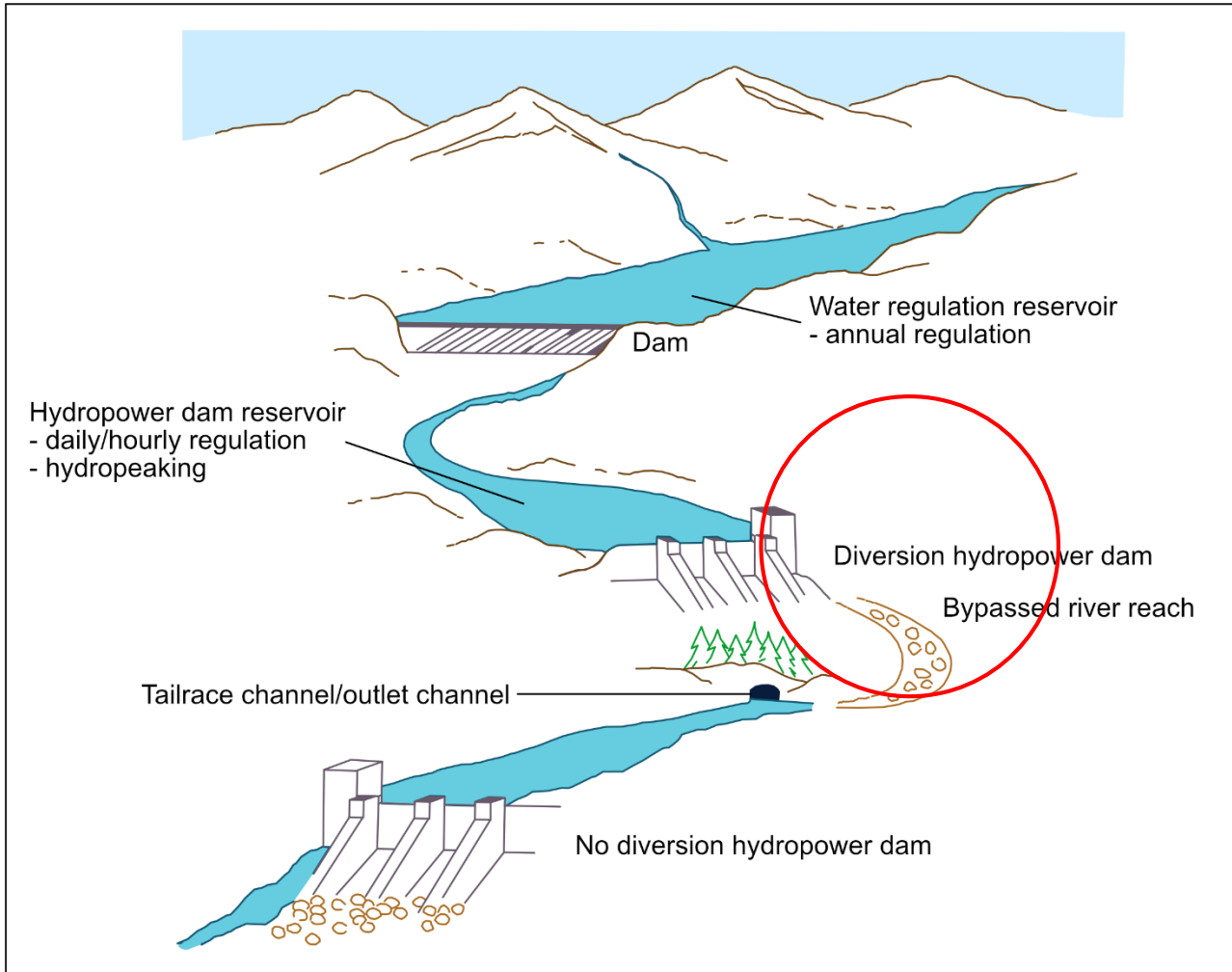
¹SLU, Dep. Aquatic Sciences and Assessment

²SLU, Dep. Aquatic resources



1 Bakgrund

Vattenkraft – viktigt i det Svenska elsystemet, men har kända negativa konsekvenser för biodiversitet och ekologi i utbyggda vattendrag



1. Fragmentering av flodekosystemet. Longitudinell konnektivitet. Vandringshinder.
2. Onaturlig flödesregim
3. Direkt förlust av habitat: forsar, strömmar och vattenfall. Överdämning eller förvandlade till **torrfåror - "Bypassed reach", "BR"**.
4. Förändrade erosions- och sedimentationsmönster
5. "Död litoralzon" i regleringsmagasin
6. Etc. etc.

1 Bakgrund

Torrfåror ("Bypassed reaches")

- **Ca 1000 torrfåror** i Sverige (enligt en snäv definition). Totalt ca 125 mil, ca 65 km², torrfåror. Identifierade i projektet EKOSPILL – "Torrfåreregistret".
- **Ofta stora "latenta naturvärden"**, före detta forsar med central position i stora vattendrag.
- **Ca 23 % har en fastställd minimitappning (MMD - Mandated Minimum Discharge)**. Typiskt låg, medel: 1,49 m³/s, median: 0,5 m³/s. Uttryckt som andel av årsmedelvattenföringen (MQ): medel 6,2 %, median 3,9 %.
- **Fler torrfåror har "annat vatten"**: tillflöden, damläckage, etc.

— Bypassed reaches



Hemsjö torrfåra, Mörrumsån 2013.



Granö torrfåra, Mörrumsån 2013.



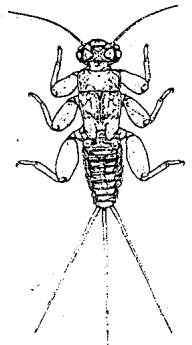
Torpshämmar torrfåra, Gimån. Photo: E. Degerman

1 Bakgrund

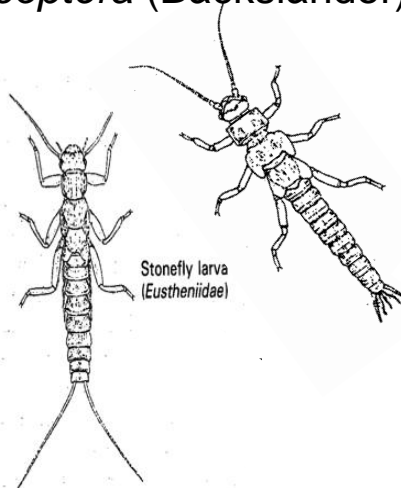
Organismsamhällets struktur

- Vilka arter påträffas och i vilka mängder
- Fisk är fisk. Men "bottenfauna" är en brokig skara organismer: musslor, snäckor, kräftdjur, insekter, rundmaskar (Nematoder), ringmaskar, etc.
- **EPT-taxa.** *Ephemeroptera* (Dagsländor), *Plecoptera* (Bäcksländor) och *Trichoptera* (Nattsländor). Insekter, likartad livscykel. Artrika grupper, känsliga för miljöpåverkan, ofta höga tätheter.

Ephemeroptera (Dagsländor) *Plecoptera* (Bäcksländor)

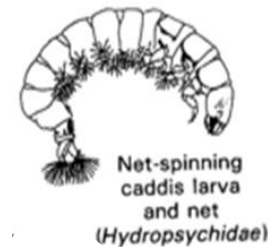


Flattened
mayfly larva
(*Leptophlebiidae*)



Stonefly larva
(*Eustheniidae*)

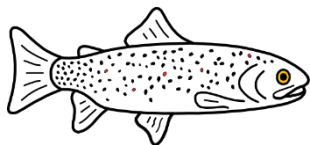
Trichoptera (Nattsländor)



Net-spinning
caddis larva
and net
(*Hydropsychidae*)



Stony-cased
caddis larva
(*Sericostomatidae*)



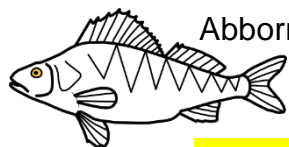
1 Bakgrund

Organismsamhällets funktioner

Hur påverkar artsammansättningen ekosystemet och hur påverkar ekosystemet artsammansättningen. **"Species traits" = artegenskaper.**

Habitat-preferenser. Tex:

- Rheofili - "strömvatten-älskande"
- Limnofili - "lugnvatten-älskande"



Abborre - Limnofil

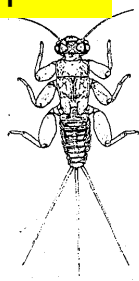
Algal scrapers



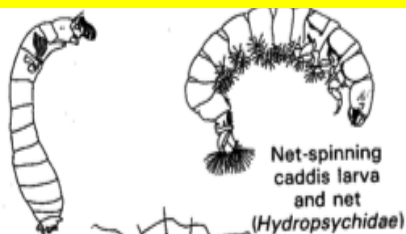
Snail (Physidae)



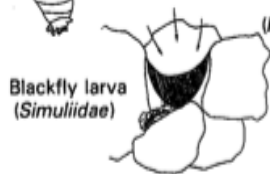
Caddis larva (Trichoptera)



Flattened mayfly larva (Leptophlebiidae)



Net-spinning caddis larva and net (Hydropsychidae)

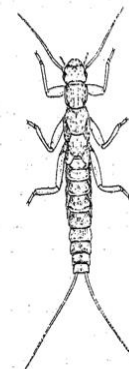


Blackfly larva (Simuliidae)

Predators



Flatworm (Planariidae)



Stonefly larva (Eustheniidae)



Dobsonfly larva (Chaulioididae)



Leech (Glossiphoniidae)

Particle collectors: Filterers

Particle collectors: Gatherers



Midge larva (Chironomidae)

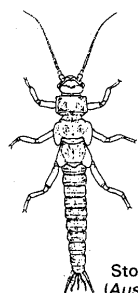


Stony-cased caddis larva (Sericostomatidae)

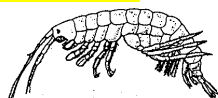


Beetle larva (Elmidae)

Leaf shredders



Stonefly larva (Austroperlidae)



Amphipod shrimp (Gammaridae)



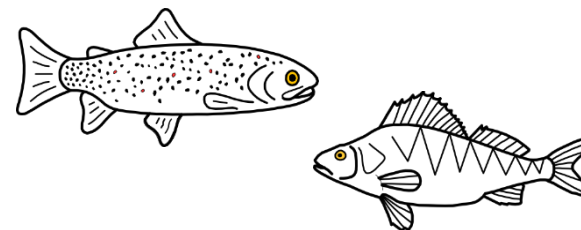
Crane fly larva (Tipulidae)

Är torrfåror "för evigt" förlorade habitat i flodekosystemet eller kan de (delvis) återställas? Fyller minimitappningar någon funktion eller är det bara ett slöseri på vatten som skulle kunna användas till att producera energi?

Några frågeställningar:

1. Finns det skillnader i **struktur och funktion** hos organismsamhället **mellan torrfåror** (med någon form av vatten vid provtagningstillfället) **och oreglerade referenser**? Vilka?
2. Finns det skillnader i **struktur och funktion** hos organismsamhället **mellan torrfåror med en fastställd minimitappning och torrfåror utan minimitappning** (men annat vatten)?
Flödesekologiska samband?

Fisk i torrflödar



Metoder

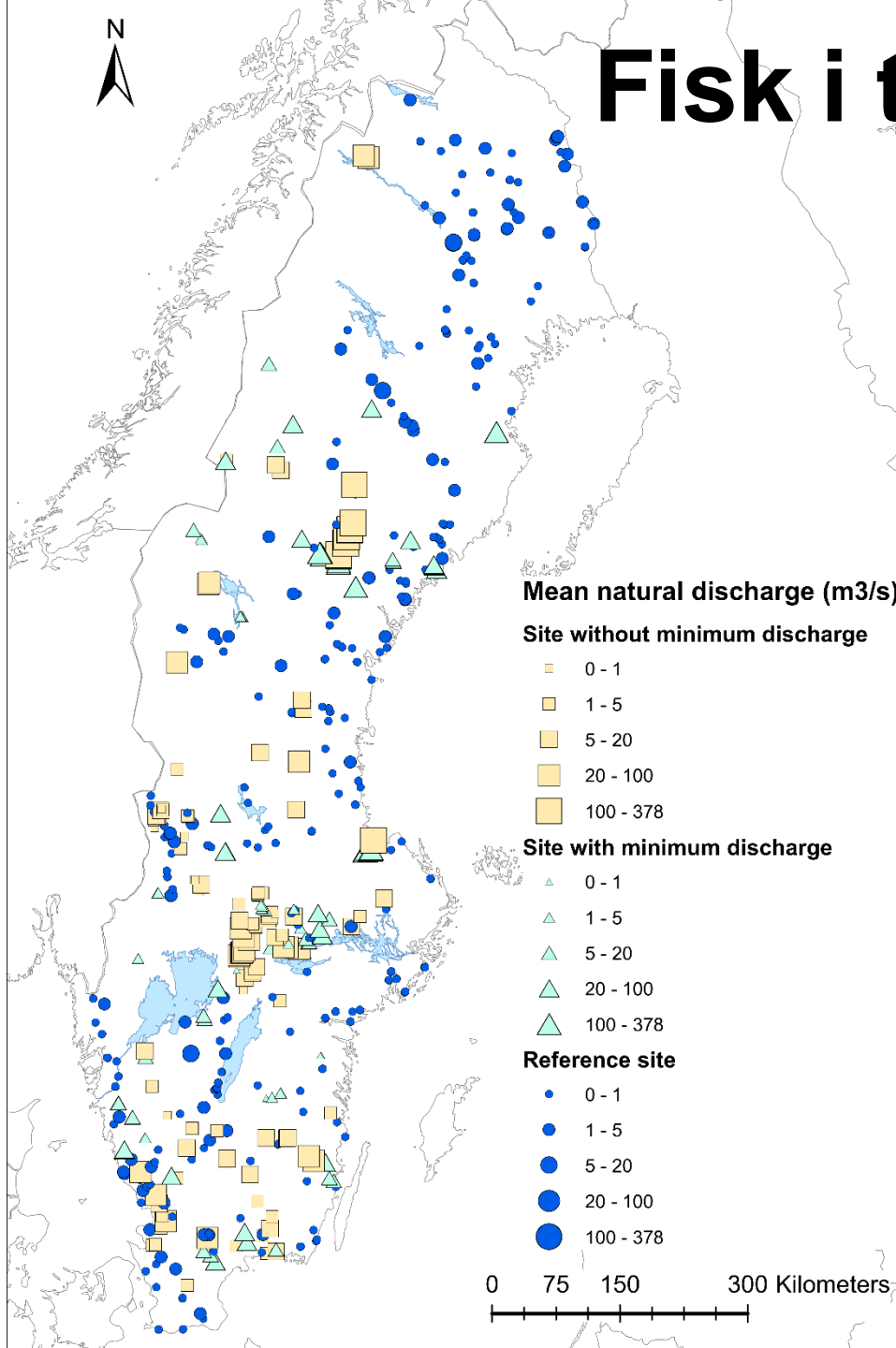
Miljöövervakningsdata – SERS
(Svenskt elfiskeregister) matchat
mot torrflödar i Torrflödarregistret

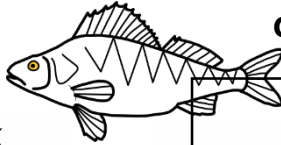
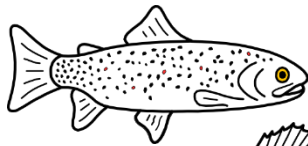
Hela vattendragsbredden fiskad,
elfiskat 2000-2019.

**Torrflödar: 291 elfiskestationer i
166 torrflödar (med eller utan
minimitappning) i 102 olika
vattendrag**

Referenser: 430 elfiskestationer i
247 oreglerade vattendrag

Utspridda över hela Sverige.

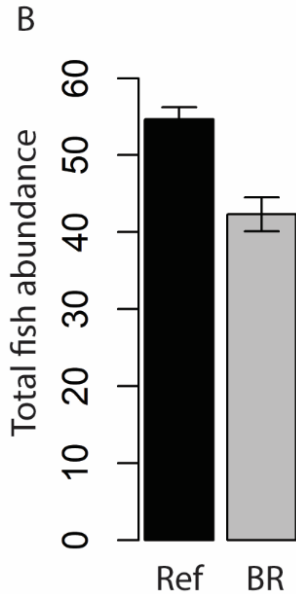




3 Resultat

- Jämförelse av några univariata mått på fiskesamhällets struktur och funktion, torrflödar ("BR") vs. oreglerade referenser

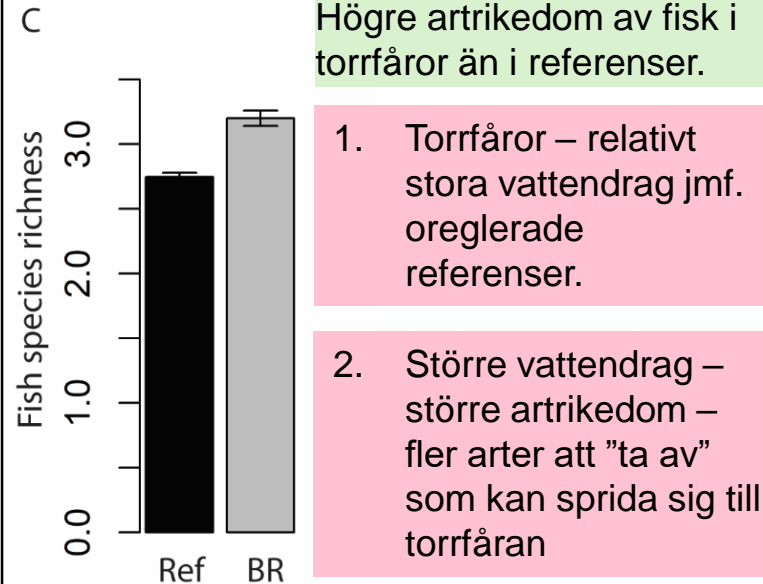
Tätheter fisk



Signifikant högre tätheter av fisk i referenser än i torrflödar.

Torrflödar – ingen trevlig miljö för fisk. På de torrlagda delarna bor inga fiskar alls, tätheter koncentrerade till de vattenförande delarna

Artrikedom fisk



Högre artrikedom av fisk i torrflödar än i referenser.

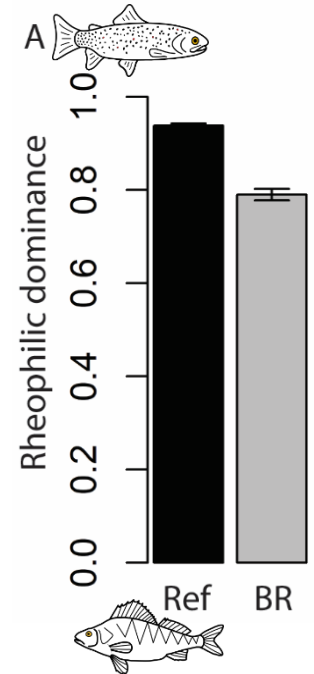
1. Torrflödar – relativt stora vattendrag jmf. oreglerade referenser.

2. Större vattendrag – större artrikedom – fler arter att "ta av" som kan sprida sig till torrflödan

3. Utlopp från sjöar (dammar) – Ecotoner – "biodiversity hotspots"

Dessa generella ekologiska samband tycks gälla för fisk även i torrflödar där flödet av vatten är reducerat.

Rheofil dominans fisk



Signifikant högre andel rheofila fiskarter i referenser än i torrflödar.

Trots att torrflödar oftast har hög-mycket hög lutning!? **Behövs också tillräckligt vattenflöde!**

Torrfåror ("Bypassed reaches")

— Bypassed reaches

- Ca 1000 torrfåror i Sverige (enligt en snäv definition). Totalt ca 125 mil, ca 65 km², torrfåror i Sverige.
- **Skilnad på torrfåra och torrfåra!**
- Ofta stora "latenta naturvärden", före detta forsar med central position i stora vattendrag.
- **Ca 23 % har en fastställd minimitappning (MMD - Mandated Minimum Discharge). Typiskt låg, medel: 1,49 m³/s, median: 0,5 m³/s. Uttryckt som andel av årsmedelvattenföringen (MQ): medel 6,2 %, median 3,9 %.**
- **Fler torrfåror har "annat vatten":** tillflöden, damläckage, etc.



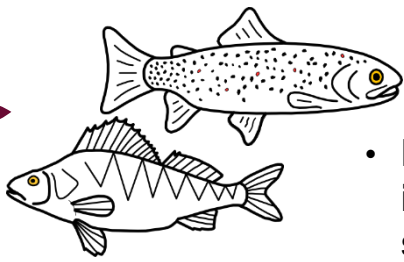
Hemsjö torrfåra, Mörrumsån 2013.



Granö torrfåra, Mörrumsån 2013.



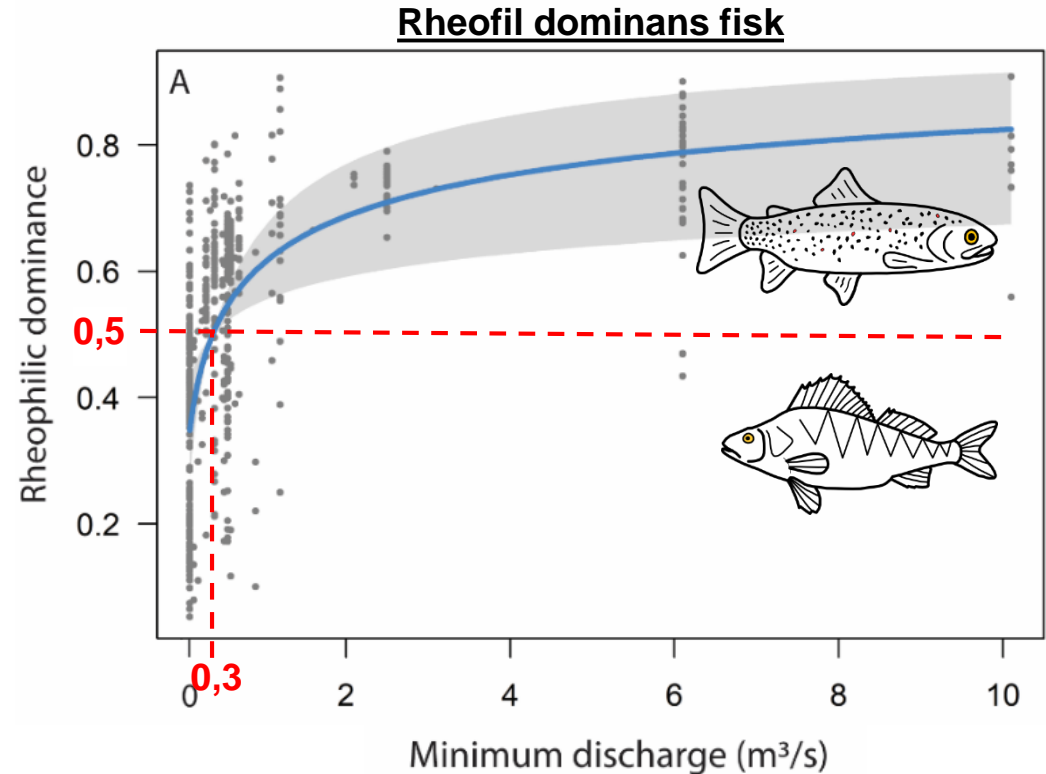
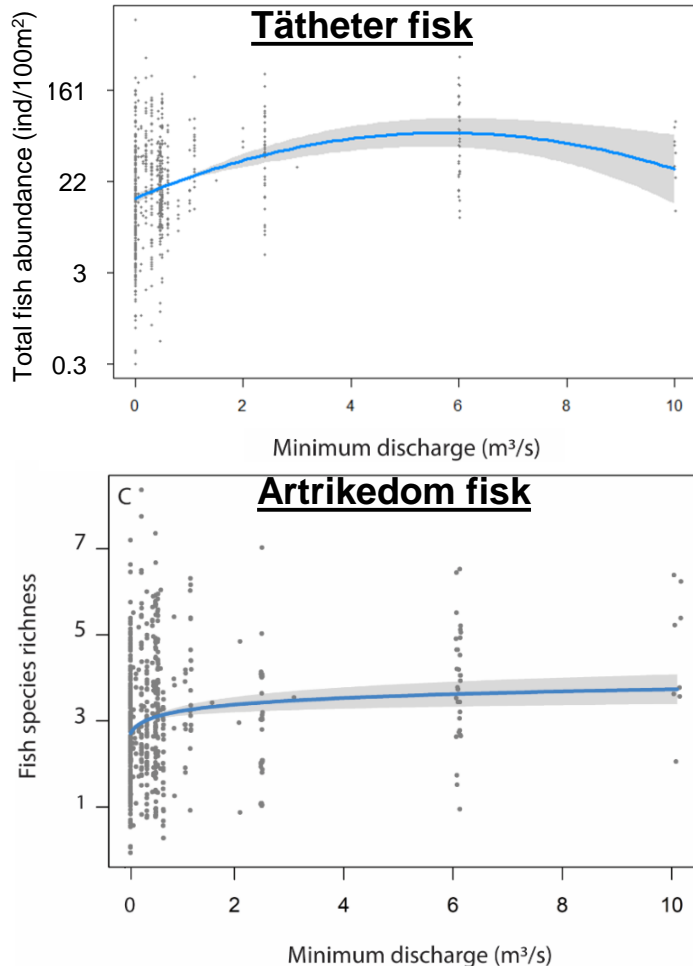
Torpshämmar torrfåra, Gimån. Photo: E. Degerman



3 Resultat

- Fisk i torrflåror - Flödesekologiska samband mellan minimitappning, + inflöde av vatten från biflöden, och univariata mått på fiskesamhällets struktur och funktion

Artrikedom av fiskarter ökar med ökande minimitappning. Likaså ökar totala tätheter fisk med ökande minimitappning upp till ett maximum för omkring 5 m³/s**.



Övergång från limnofil till rheofil dominans hos fisksamhället vid ett vattenflöde på omkring 0,3 m³/s**.

*LMM. Inkl. kvadratisk term i regressionsekvationen för abundans. MMD logaritmerat i modellen och åter-transformerat i figurerna.

**GLMM. MMD logaritmerat i modellen och åter-transformerat i figurerna.

Bottenfauna i torrflåror

Preliminära resultat

Legend

● Referenser

■ Torrflåror

Illies zoner

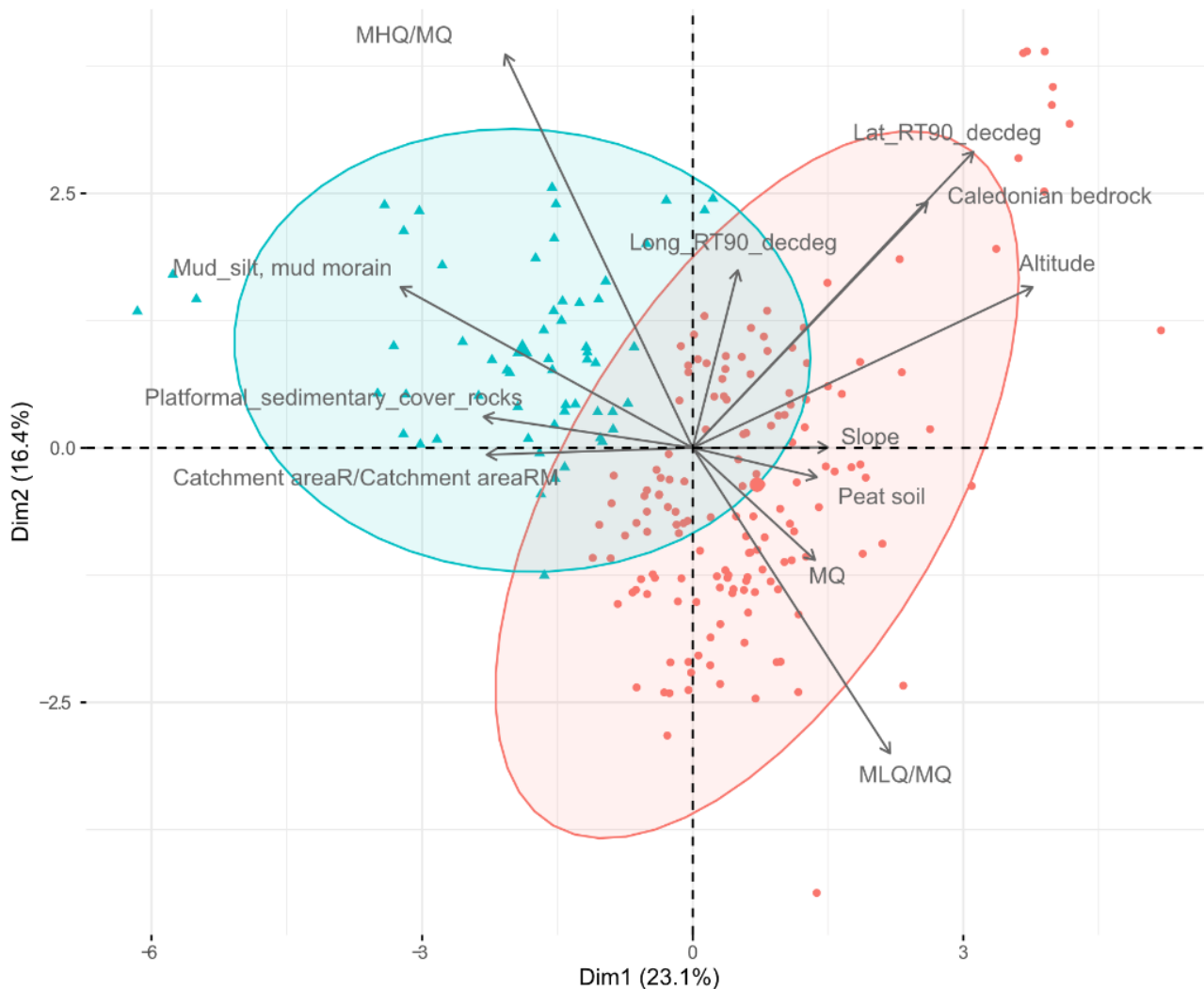
PCA -Biplot



Metoder

Miljöövervakningsdata – Miljödata MVM, och sprojekt och "grå litteratur", or i Torrflåreregistret.

sparkprovtagning från år



Cluster

● 1

▲ 2

enser mot torrflåror baserat ekologiskt relevanta verkastryck) - **K-means** i K=2. Referenser i kluster r hamnade) behölls, de i Outliers" (beträffande MQ, utning) rensades bort.

flera miljövariabler och irationen vid en **NMDS** på ycktes ofta samvariera med und": Dela upp data i bio-en "Illies zoner" (Illies 1978).

	Grp	N
n	MMD	15
n	No MMD	17
n	Ref	27
shield	MMD	10
shield	No MMD	16
Fennoscandian shield	Ref	35



- Jämförelse av multivariata mått på samhällsstruktur hos EPT-taxa, torrfåror med minimitappning (MMD) vs. torrfåror utan minimitappning vs. oreglerade referenser

Fennoscandian shield

- Signifikant skillnad* ($p=0.001$)** i sammansättningen av EPT taxa mellan torrfåror med MMD, utan MMD och referenser.
PERMANOVA**

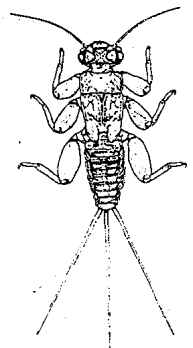
Central plain

- Signifikant skillnad* ($p=0.002$)** i sammansättningen av EPT taxa mellan torrfåror med MMD, utan MMD och referenser.
PERMANOVA**

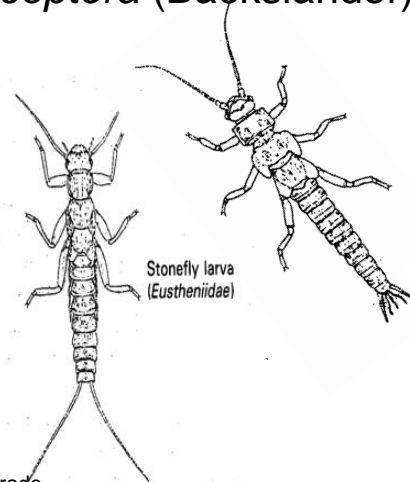
Kontrast	Medelskillnad (Bray-Curtis dissimilarity)
Torrfåra utan MMD vs. torrfåra med MMD	0,72327
Torrfåra utan MMD vs. referens	0,73623
Torrfåra med MMD vs. referens	0,70051

Kontrast	Medelskillnad (Bray-Curtis dissimilarity)
Torrfåra utan MMD vs. torrfåra med MMD	0,69164
Torrfåra utan MMD vs. referens	0,76462
Torrfåra med MMD vs. referens	0,7507

Ephemeroptera (Dagsländor) *Plecoptera* (Bäcksländor)

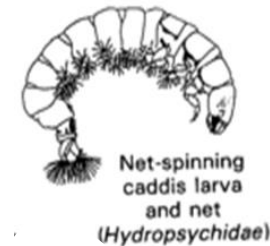


Flattened mayfly larva (*Leptophlebiidae*)



Stonefly larva (*Eustheniidae*)

Trichoptera (Nattsländor)

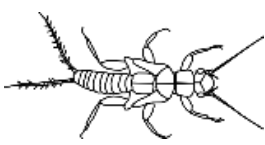


Net-spinning caddis larva and net (*Hydropsychidae*)



Stony-cased caddis larva (*Sericostrimatidae*)

**PERMANOVA test, 999 permutationer, Strata=vattendrag. Hellinger transformerade abundanser, Bray-Curtis olikheter. Bara taxa med förekomst-frekvens>5%.

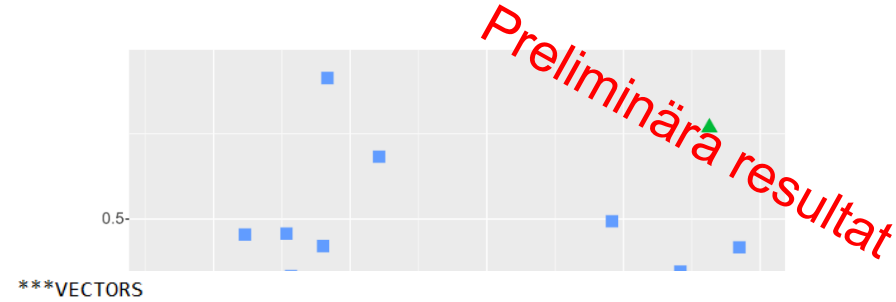
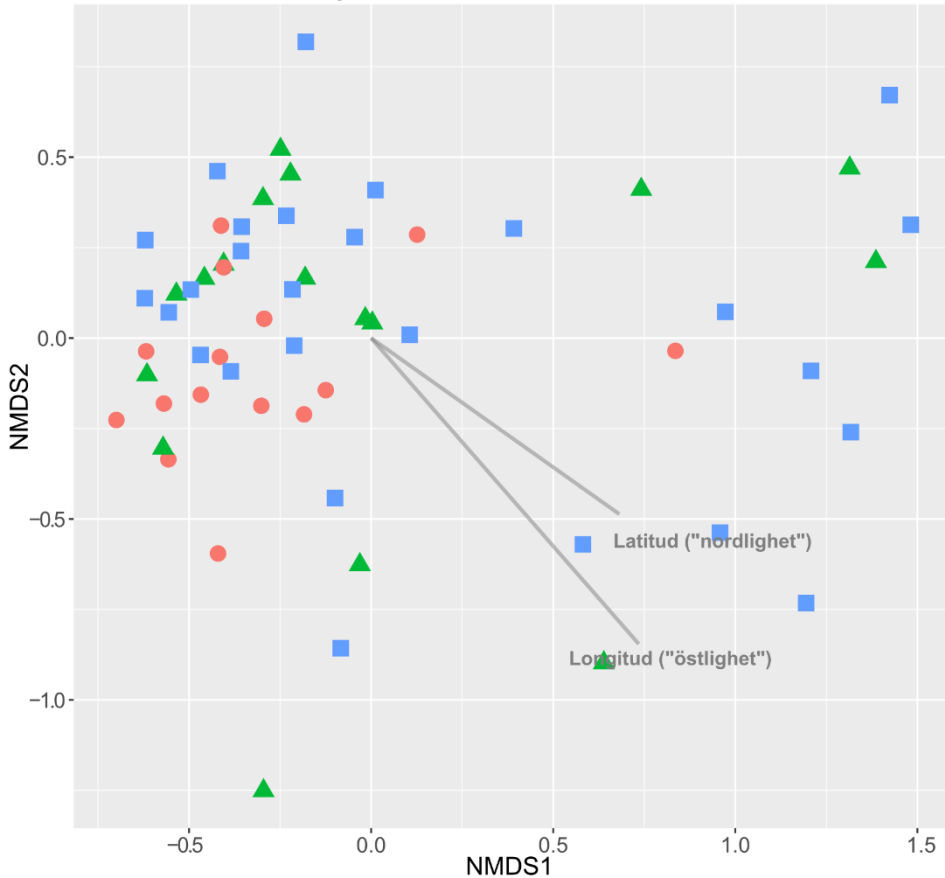


3 Resultat



Central plain

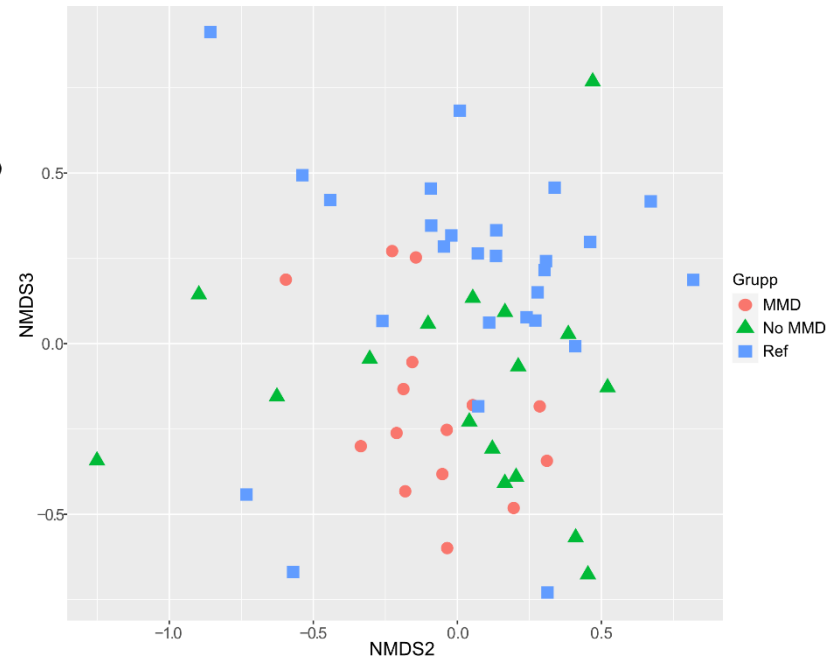
- **NMDS** - för att visualisera skillnaderna och likheterna i sammansättningen av **EPT taxa** mellan torrflödar med och utan MMD och referenser*. – 3 dimensioner
- Signifikant korrelation mellan longitud och latitud och ordinations-konfigurationen*.



***VECTORS

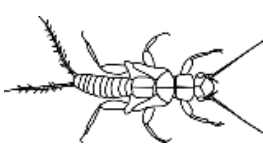
	NMDS1	NMDS2	r2	Pr(>r)	ip
Anthro_landuse_andel_proc	-0.78174	0.62361	0.0204	0.565	VMD
MQ_naturlig	-0.98065	0.19577	0.0816	0.105	No MMD
CatchR_div_CatchRM_andel_proc	-0.99911	-0.04210	0.0407	0.329	Ref
If_Hoh_m	0.66663	-0.74539	0.0544	0.224	
If_lutning_proc	-0.90673	-0.42170	0.0521	0.222	
If_Long_RT90_decdeg	0.66366	-0.74803	0.1771	0.004	**
If_Lat_RT90_decdeg	0.81940	-0.57322	0.0999	0.058	.
Dist_upstream_lake_m2	0.22358	0.97469	0.0122	0.702	
Riparian_integrity_numeric	-0.95845	0.28525	0.0254	0.514	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 Permutation: free
 Number of permutations: 999



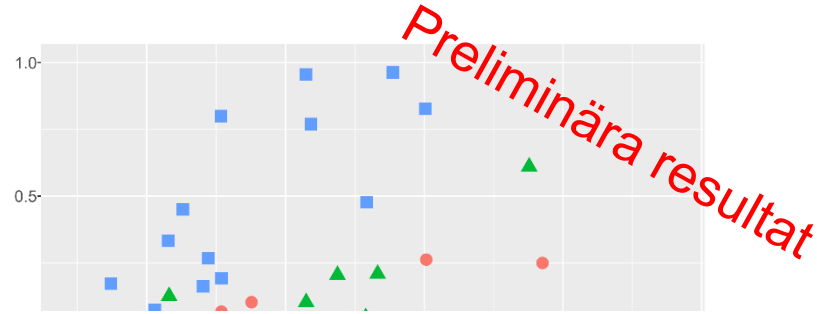
* NMDS på Hellinger transformerade abundanser, Bray-Curtis olikheter, 3 dimensioner, stress: ca 0,17. Bara taxa med förekomst-frekvens>5%.

*Env.fit funktionen i Vegan i R, 999 permutationer ("unconstrained", na.rm=true)



Fennoscandian shield

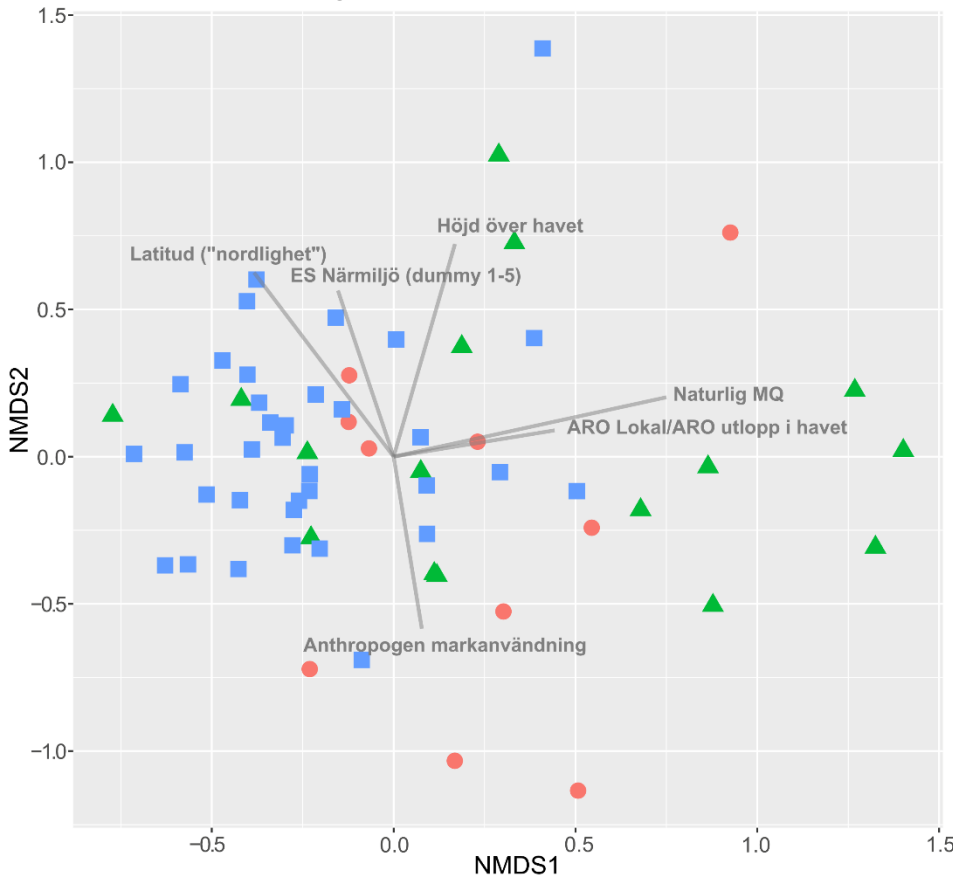
- **NMDS** - för att visualisera skillnaderna och likheterna i sammansättningen av **EPT taxa** mellan torrfårar med och utan MMD och referenser*. – 3 dimensioner
- Fortsatt korrelation mellan vissa miljövariabler och ordinations-konfigurationen*.



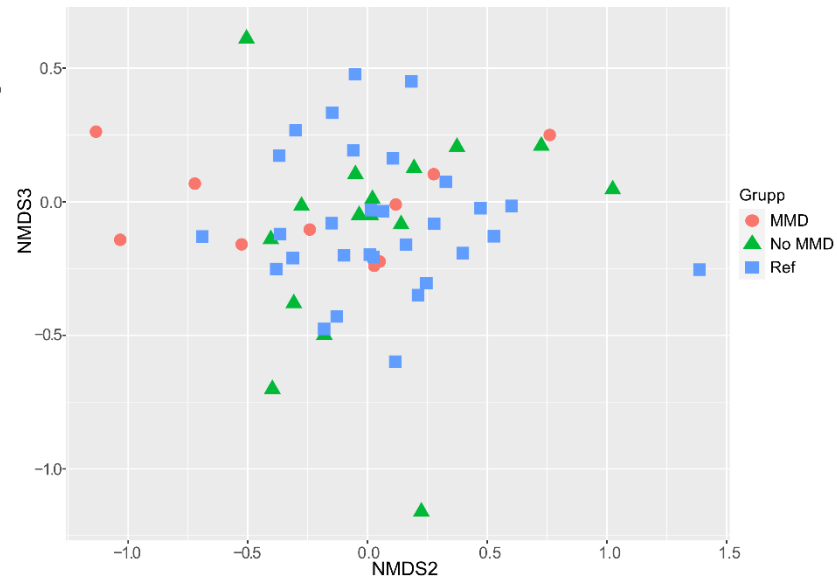
***VECTORS

	NMDS1	NMDS2	r2	Pr(>r)	
Anthro_landuse_andel_proc	0.13159	-0.99130	0.1440	0.014	*
MQ_naturlig	0.96570	0.25967	0.2500	0.002	**
CatchR_div_CatchRM_andel_proc	0.98027	0.19766	0.0846	0.087	.
If_Hoh_m	0.22745	0.97379	0.2281	0.001	***
If_lutning_proc	-0.86423	-0.50310	0.0719	0.131	
If_Long_RT90_decdeg	-0.97999	0.19906	0.0008	0.983	
If_Lat_RT90_decdeg	-0.52299	0.85234	0.2232	0.003	**
Dist_upstream_lake_m2	-0.52836	0.84902	0.0766	0.149	
Riparian_integrity_numeric	-0.26185	0.96511	0.1417	0.016	*

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Permutation: free					
Number of permutations: 999					



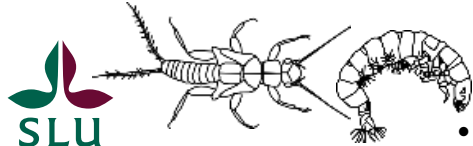
Grupp
 ● MMD
 ▲ No MMD
 ■ Ref



Grupp
 ● MMD
 ▲ No MMD
 ■ Ref

* NMDS på Hellinger transformerade abundanser, Bray-Curtis olikheter, 3 dimensioner, stress: ca 0,17. Bara taxa med förekomst-frekvens>5%.

*Env.fit funktionen i Vegan i R, 999 permutationer ("unconstrained", na.rm=true)

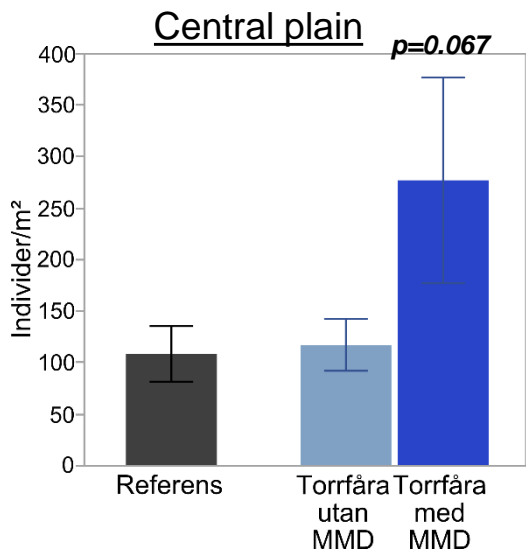


3 Resultat

Jämförelse av några univariata mått på samhällsstruktur och funktion hos EPT-taxa, referenser vs. torrflödar med eller utan minimitappning (MMD)

Preliminära resultat

Tätheter EPT-taxa

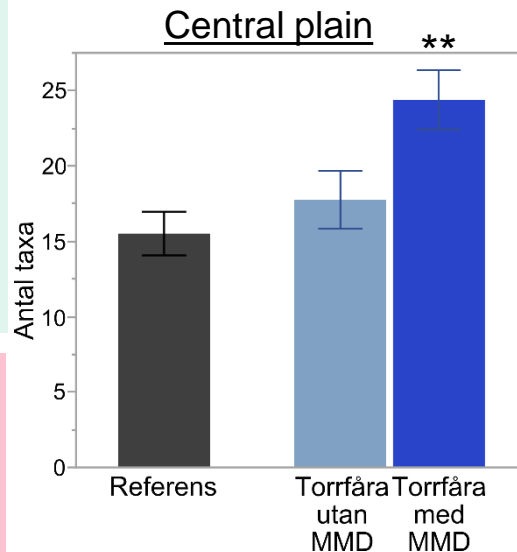


Tendens till högre tätheter EPT-taxa i torrflödar med en MMD än i referenser och torrflödar utan MMD.

EPT-taxa är "småkryp" - kanske generellt inte de organismer som kräver mest vatten i form av MMD för att etablera sig, jmf. relativt sett stora fiskar?

Fisk äter bottenfaunadjur. Mindre fisk – lägre predationstryck - högre tätheter EPT-taxa?

Artrikedom EPT-taxa



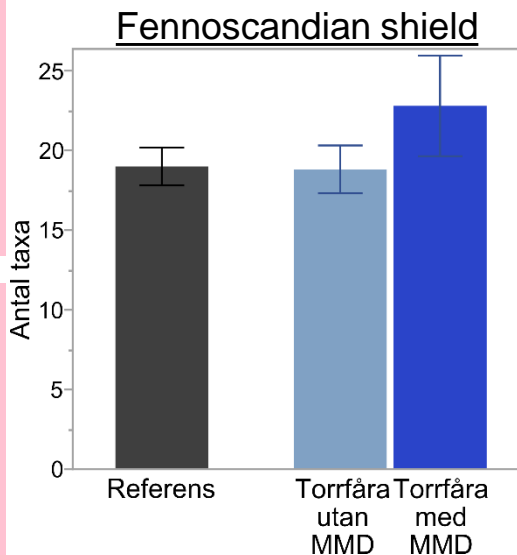
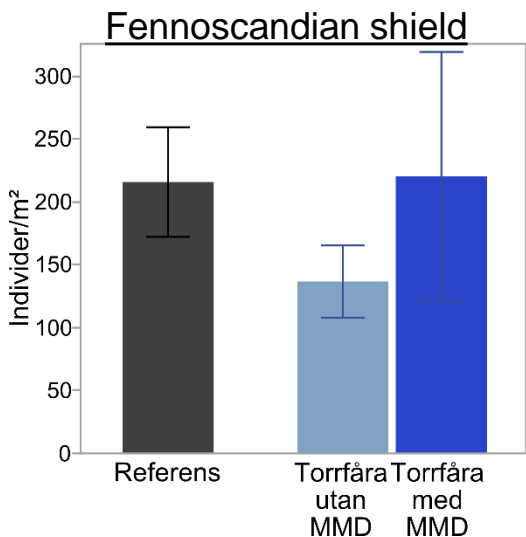
Högre artrikedom EPT-taxa i torrflödar med MMD än i referenser och torrflödar utan MMD

1) Torrflödar – relativt stora vattendrag jmf. oreglerade referenser.

2) Större vattendrag – större artrikedom – fler arter att "ta av" som kan sprida sig till torrflödan.

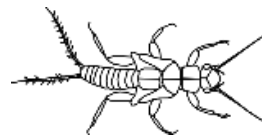
3) Utlopp från sjöar (dammar) – Ecotoner – "biodiversity hotspots"

Dessa generella ekologiska samband tycks gälla för EPT-taxa, om det finns en kontinuerlig minimitappning.





3 Resultat

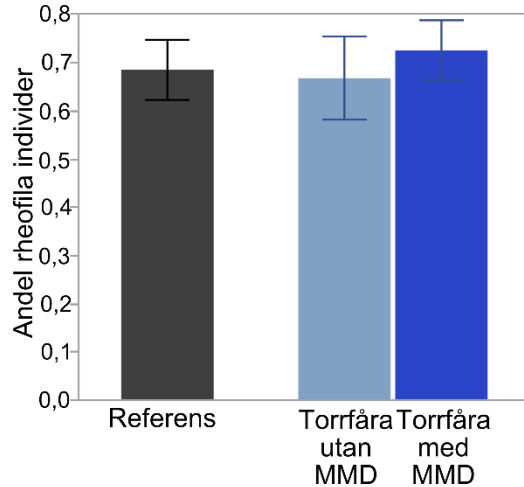


Preliminära resultat

- Jämförelse av några univariata mått på samhällsstruktur och funktion hos EPT-taxa, referenser vs. torråror med eller utan minimitappning (MMD)

Rheofil dominans EPT-taxa

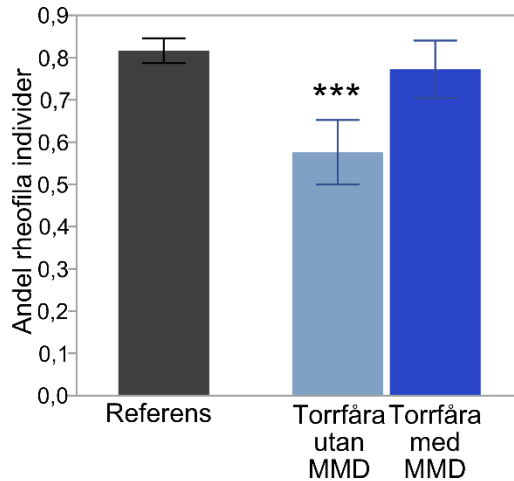
Central plain



Ingen tydlig generell skillnad i rheofil dominans mellan torråror med eller utan MMD och referenser.

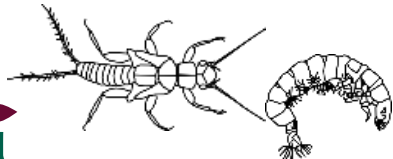
EPT-taxa "småkryp" – mindre vatten krävs för att en sländlarv lokalt ska uppleva miljön som en strömmiljö än för att en fisk ska göra detsamma.

Fennoscandian shield



Rheofila EPT-taxa har ett minimum för torråror i Fennoscandian shield utan MMD. Är det för denna delmängd så att vattentillförseln inte räcker för att skapa strömvattenhabitat ens för EPT-taxa?

Behöver kartlägga "annat vatten" med större upplösning för att kunna utvärdera flödesekologiska samband hos EPT-taxa.



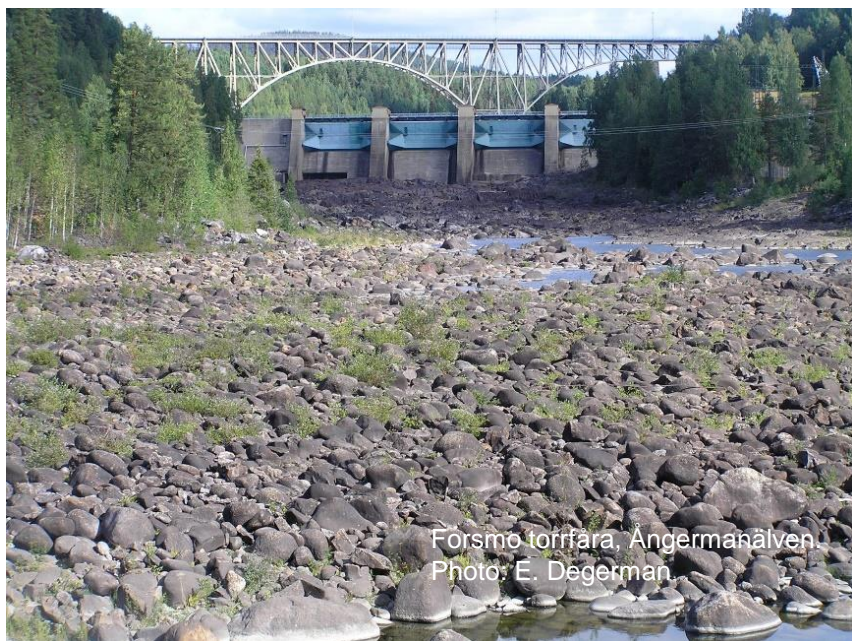
3 Resultat

- Ett "Specialfall" rheofila EPT-taxa

Preliminära resultat

En grupp av rheofila-rheoionta EPT-taxa är passiva filtrerare – som livnär sig på att fånga upp matpartiklar i vattnet som förs till dem av vattenströmmen. Tex. nattsländelarver i familjen *Hydropsychidae*.

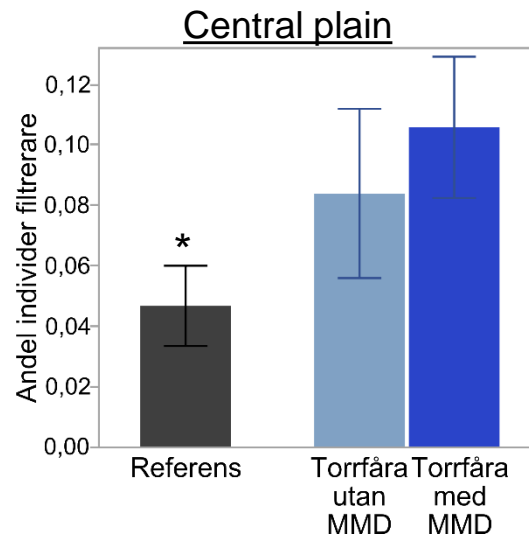
Utloppet från naturliga sjöar uppvisar ofta mycket **höga tätheter av** passiva filtrerare. Torrfåror är typiskt positionerade nedanför en reglerad sjö eller kraftverksdamm.



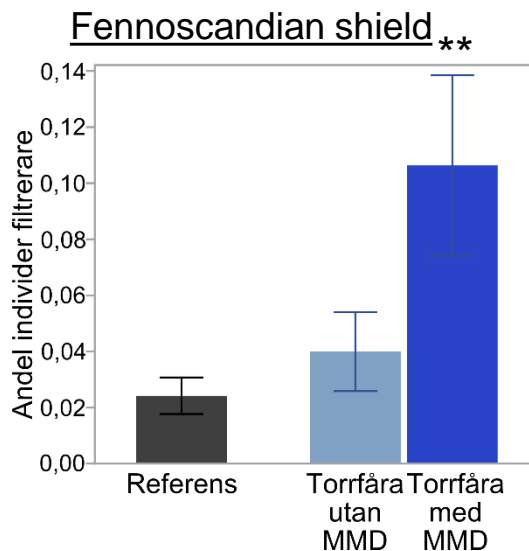
Forsmo torrfåra, Angermanälven
Photo: E. Degerman

Är **denna ekosystemfunktion bibehållen i bottenfaunasamhället i torrfåror** (med vatten) nedströms kraftverksdammar?

Andel filtrerare av EPT-taxa



Högre andel EPT-taxa som är filtrerare i torrfåror med MMD än i referenser (och torrfåror utan MMD - för Fennoscandian shield)



Torrfåror (med vatten) har kvar denna aspekt av bottenfaunasamhällets naturliga funktion. **Koncentrerat i det vatten som rinner,** Jmf. Wotton, R. S., Malmqvist, B., Leonardsson, K. (2003).

Slutsatser

Struktur och funktion hos fisksamhället i torrfåror

1. Struktur och funktion hos fisksamhället skiljer sig mellan torrfåror och oreglerade referenser – lägre tätheter av fisk, lägre andel rheofila individer fisk i torrfåror jmf. referenser.
2. Stora förbättringar i fiskesamhällets "naturlighet", dvs. större andel rheofila individer, är möjligt att återskapa med **införandet av en kontinuerlig minimitappning**. Även vid ett ganska ringa flöde ses stora förbättringar, med större flöde större förbättringar.
3. Med 1000 torrfåror i landet, varav ca 77 % saknar fastställd minimitappning i dagsläget, är förbättringspotentialen enorm.
4. Även om en mer naturlig samhällsstruktur kan återskapas hos fiskesamhället med införandet av en kontinuerlig minimitappning kan total fiskproduktion och populationsstorlek antagas vara fortsatt reducerad i torrfåran jmf. med referensförhållanden – man återfår inte allt tidigare ström- eller forshabitat med införandet av en minimitappning – men en liten del.

Struktur och funktion hos bottenfaunasamhället (EPT-taxa) i torrfåror

5. **Preliminära resultat** av en analys av bottenfaunasamhället indikerar att struktur och funktion hos EPT-taxa skiljer sig mellan torrfåror med minimitappning, torrfåror utan minimitappning och oreglerade referenser.
6. EPT-taxa är "småkryp" – mindre vatten krävs för att en sländlarv lokalt ska uppleva miljön som en attraktiv strömmiljö än för att en fisk ska göra detsamma. Våra **preliminära resultat** indikerar att EPT-taxa kan uppvisa för habitatet "naturliga" ekosystemfunktioner som filtrering av vatten, och andel rheofila individer jämförbart med oreglerade referenser, i torrfåror med en mycket ringa minimitappning.
7. Tillskott av annat vatten, tex. i form av damläckage och medvetet spill i torrfåran, behöver kvantifieras för att mer detaljerade flödesekologiska samband ska kunna upprättas också för bottenfauna. Lokalbeskrivningsdata behöver också digitaliseras.



SCIENCE AND
EDUCATION **FOR**
SUSTAINABLE
LIFE