Below follows a scientific text in Norwegian about climate change and its effect on Arctic ecosystems, written for an academic audience.

Klimaendringer og trofiske kaskader i de arktiske økosystemene

Introduksjon

Arktis gjennomgår for øyeblikket transformative endringer som følge av antropogene klimaendringer. Fenomenet, kjent som arktisk forsterkning, fører til at regionen varmes opp to til tre ganger raskere enn det globale gjennomsnittet. Denne raske temperaturstigningen har dype implikasjoner for både terrestriske og marine økosystemer, spesielt med tanke på biodiversitet og trofiske interaksjoner.

Klimatisk påvirkning på havis og primærproduksjon

Den mest merkbare effekten av oppvarmingen er den akselererende reduksjonen av havis. Havis fungerer ikke bare som et habitat for toppredatorer som isbjørn (*Ursus maritimus*) og ringsel (*Pusa hispida*), men er også kritisk for veksten av isalger. Når isen smelter tidligere i sesongen, forskyves timingen for algeoppblomstringen. Dette skaper en "trofisk mismatch" der dyreplankton, som hoppekreps (*Calanus glacialis*), ikke lenger synkroniserer sin livssyklus med den maksimale tilgangen på mat. Slike forskyvninger kan forplante seg oppover i næringskjeden og føre til redusert biomasse hos fisk og sjøfugl.

Terrestriske endringer og "grønnere" Arktis

På land fører økte temperaturer til tining av permafrost og endringer i vegetasjonssammensetningen. Vi observerer en utbredt buskvekst i områder som tidligere var dominert av lav og mose, en prosess kjent som "shrubfication". Dette endrer albedoeffekten, da mørkere busker absorberer mer solstråling enn snødekt mark, noe som skaper en positiv feedback-mekanisme for ytterligere oppvarming. Videre påvirker dette beitemønsteret til store herbivorer som rein (*Rangifer tarandus*), som er avhengige av tilgang til lav under vinterhalvåret.

Forskyvning av artsutbredelse

En annen kritisk faktor er borealiering, der arter fra tempererte strøk beveger seg nordover etter hvert som vannet og luften blir varmere. Dette fører til økt konkurranse

om ressurser. I Barentshavet ser vi for eksempel at atlantisk torsk sprer seg lenger nord, noe som legger press på de stedegne arktiske fiskeartene som polartorsk (*Boreogadus saida*).

Konklusjon

De kumulative effektene av temperaturstigning, havisreduksjon og artsforskyvning utgjør en alvorlig trussel mot stabiliteten i arktiske økosystemer. Forståelsen av disse komplekse feedback-mekanismene er avgjørende for å utvikle effektive forvaltningsstrategier. Videre forskning må fokusere på de langsiktige konsekvensene av trofisk mismatch og hvordan lokalsamfunn som er avhengige av disse ressursene kan tilpasse seg en ny biologisk virkelighet.

Climate change and trophic cascades in Arctic ecosystems

Introduction

The Arctic region is currently undergoing transformative changes because of anthropogenic climate change. This phenomenon, known as Arctic amplification, causes the region to warm two to three times faster than the global average. This rapid temperature rise has profound implications for both terrestrial and marine ecosystems, especially as concerns biodiversity and trophic interactions.

Climatic impact on sea ice and primary production

The most noticeable effect of this warming is the accelerating decline in sea ice. Sea ice serves as a habitat for polar bears (*Ursus maritimus*), a top predator, and ringed seals (*Pusa hispida*), and is also critical for the growth of ice algae. When the ice melts earlier in the season, the timing of algal blooms shifts. This creates a “trophic mismatch,” where zooplankton, such as Arctic copepods (*Calanus glacialis*), no longer synchronize their life cycle with the maximum availability of food. Such displacements can propagate up the food chain and lead to reduced fish and seabird biomass.

Terrestrial changes and "greening" the Arctic

On land, rising temperatures are causing the permafrost to thaw and leading to changes in vegetation composition. We are observing widespread shrub growth in areas previously dominated by lichens and mosses, a process known as "shrubfication." This alters the albedo effect, as darker shrubs absorb more solar radiation than does snow-covered ground, thus creating a positive feedback mechanism for further warming. Furthermore, this affects the grazing pattern of large herbivores, such as reindeer (*Rangifer tarandus*), which depend on access to lichen during the winter months.

Shift in species distribution

Another critical factor is borealization, where species from temperate regions move north as the water and air become warmer. This leads to increased competition for resources. In the Barents Sea, for example, we are seeing Atlantic cod spreading further north, which puts pressure on the native Arctic fish species, such as Arctic cod (*Boreogadus saida*).

Conclusion

The cumulative effects of rising temperatures, sea ice reduction, and species displacement pose a serious threat to the stability of Arctic ecosystems. Understanding these complex feedback mechanisms is key to developing effective management strategies. Further research must focus on the long-term consequences of trophic mismatches and how communities that rely on these resources can adapt to a new biological reality.