



Solskyddsprodukters påverkan på mikroalger

Effekter av UV-filtren oxybenzon, oktokrylen,
zinkoxid och titandioxid på gröna mikroalger

Sofia Eliasson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
NJ-fakulteten, Naturresurser och Jordbruksvetenskap
Akvatiska Resurser
Biologi och miljövetenskap - Uppsala
Uppsala 2026



Solskyddsprodukters påverkan på mikroalger. Effekter av UV-filtren oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid och titandioxid på gröna mikroalger

The effects of sunscreen products on microalgae. Impacts of the UV filters oxybenzone, octocrylene, zinc oxide, and titanium dioxide on green microalgae.

Sofia Eliasson

Handledare:	Christina Halling, SLU, Artdatabanken
Ext. handledare:	Slavica Lukic Stojanovic
Examinator:	Lena Bergström, SLU, Akvatiska resurser

Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i Biologi
Kurskod:	EX0894
Program/utbildning:	Biologi och miljövetenskap, kandidatprogram
Kursansvarig inst.:	Akvatiska resurser
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2026

Nyckelord:	Nyckelord: gröna mikroalger, mineraliska UV-filter, kemiska UV-filter, oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid, titandioxid, fotosyntes, bioackumulering
-------------------	--

Sveriges lantbruksuniversitet

NJ-fakulteten, Naturresurser och Jordbruksvetenskap
Akvatiska Resurser

Sammanfattning

Solskyddsprodukter innehåller UV-filer vilket är den aktiva ingrediensen som skyddar mot UV-strålning. Eftersom användningen av solskyddsprodukter har ökat globalt, riskerar större mängder att släppas ut i miljön, särskilt i akvatiska miljöer. Denna litteraturstudie syftar till att undersöka hur UV-filtren oxybenzon, oktokrylen, titandioxid och zinkoxid påverkar gröna mikroalger. Studien syftar även till att undersöka hur användning av solskyddsprodukter kan bidra till förekomst av UV-filer i naturliga miljöer samt vilka potentiella konsekvenser ämnena kan ha på ekosystemnivå och i svenska vattenmiljöer. Studien baseras på vetenskapliga artiklar, rapporter och översiktsstudier hämtade från databaser som ScienceDirect, Google Scholar och Web of Science. Resultatet av litteraturstudien visar att samtliga undersökta UV-filer har en negativ påverkan på gröna mikroalger genom hämmad fotosyntes och tillväxt. Toxiciteten varierar beroende på ämne, algart, exponeringstid och koncentration. Koncentrationerna av UV-filer är generellt lägre i naturliga miljöer än de koncentrationer som orsakat negativa effekter på gröna mikroalger i laboratoriestudier, med undantag för vissa uppmätta halter av oxybenzon vid vissa naturliga lokaler. Resultatet indikerar på att UV-filer har potential att spridas i akvatiska näringsvävar och påverka organismer i högre trofiska nivåer. Samtidigt finns kunskapsluckor kring förekomst av UV-filer i svenska vattenmiljöer, och ett behov av fortsatt forskning.

Nyckelord: gröna mikroalger, mineraliska UV-filer, kemiska UV-filer, oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid, titandioxid, fotosyntes, bioackumulering

Abstract

Sunscreen products contain UV-filters, which are the active ingredients that provide protection against UV radiation. Since the use of sunscreen products has increased globally, there is a higher risk of UV filters being released into the environment, particularly into aquatic environments. The aim of this literature review is to investigate how the UV filters oxybenzone, octocrylene, titanium dioxide and zinc oxide affect green microalgae. The study also aims to examine how the use of sunscreen products can contribute to the presence of UV filters in natural environments, as well as what potential consequences these substances may have at the ecosystem level and in Swedish aquatic environments. The study is based on scientific articles, reports, and review articles retrieved from databases such as ScienceDirect, Google Scholar, and Web of Science. The results shows that all investigated UV filters have a negative impact on photosynthesis and growth of green microalgae. The results vary due to different UV filter substances, species of algae, time of exposure and concentration. UV filter concentrations in natural environments are in general lower than the concentrations that caused adverse effects on green microalgae in laboratory studies, except for certain measured concentrations of oxybenzone at certain natural sites. The results also indicates that UV filters have the potential to spread in aquatic food webs and affect organisms in higher trophic levels. At the same time, there are knowledge gaps regarding occurrence of UV filters in Swedish aquatic environments, and there is a need for further research.

Keywords: green microalgae, mineral UV-filter, chemical UV-filter, oxybenzone, octocrylene, zinc oxide, titanium dioxide, photosynthesis, bioaccumulation

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
2.	Syfte och frågeställning	8
3.	Bakgrund	9
3.1	UV-strålning	9
3.2	Solskyddsprodukter och UV-filter	9
3.3	Mineraliska UV-filter	10
3.3.1	Zinkoxid	10
3.3.2	Titandioxid	11
3.4	Kemiska UV-filter	11
3.4.1	Oktokrylen	11
3.4.2	Oxybenzon	12
3.5	Lagstiftning för UV-filter	12
3.6	Utsläpp av UV-filter i naturliga vattenmiljöer	13
3.7	Naturlig nedbrytning	14
3.7.1	Kemiska UV-filter	14
3.7.2	Mineraliska UV-filter	15
3.7.3	Spridning av UV-filter	15
3.8	Alger	16
3.8.1	Gröna mikroalger	17
3.9	Allemansrätten	17
4.	Metod	18
5.	Resultat	19
5.1	UV-filters effekt på gröna mikroalger	19
5.1.1	Oxybenzons effekt på gröna mikroalger	19
5.1.2	Oktokrylens effekt på gröna mikroalger	19
5.1.3	Zinkoxids effekt på gröna mikroalger	20
5.1.4	Titandioxids effekt på gröna mikroalger	20
5.2	Uppmätta koncentrationer UV-filter i naturliga vattenmiljöer	21
5.3	UV-filters bioackumuleringsförmåga	22
6.	Diskussion	24
6.1	UV-filters effekt på gröna mikroalger och påverkande faktorer	24
6.2	Miljökoncentrationer i relation till laboratoriekoncentrationer	25
6.3	Spridning och förekomst av UV-filter i vattenmiljöer	26
6.4	Potentiella effekter på ekosystemnivå	27
6.5	Begränsningar och osäkerheter	29
6.6	Framtida studier	29

7. Slutsats	30
Referenser.....	31

1. Inledning

Solens ultraviolettera (UV) strålning kan orsaka brännskador och öka risken för cancer. För att minska dessa risker används solskyddsprodukter i stor utsträckning världen över. Ökad medvetenhet om UV-strålningens skadeeffekter, tillsammans med ökade turist- och fritidsaktiviteter har bidragit till ökad användning av solskyddsprodukter globalt, vilket gjort att produkterna idag utgör den snabbast växande försäljningen globalt (SSI 2005; Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

Samtliga solskyddsprodukter innehåller UV-filter, vilka är de aktiva ingredienserna som skyddar huden mot UV-strålning. UV-filter delas vanligen in i kemiska (organiska) och mineraliska (oorganiska eller fysikaliska) filter beroende på deras kemiska egenskaper och verkningsmekanismer. I denna studie undersöks fyra UV-filter: de kemiska filtren oxybenzon och oktokrylen samt de mineraliska filtren zinkoxid och titandioxid.

Användning av solskyddsprodukter kan leda till att UV-filter släpps ut i miljön. UV-filter kan nå vattenmiljöer genom direkt avsköljning från huden vid rekreativa aktiviteter i vatten såsom bad (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022). I Sverige kan nyttjande av allemansrätten i sjöar och kustmiljöer bidra till sådana utsläpp eftersom många vistas och badar i naturliga vattenmiljöer i kombination med användande av solskyddsprodukter. Tidigare forskning har även visat ett samband mellan hög turistnärrvaro och förhöjda koncentrationer av UV-filter i vattenmiljöer (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015). Flera UV-filter har dessutom påträffats i akvatiska organismer, vilket kan förklaras av ämnens lipofilitet (fettlöslighet) och miljöpersistens (långvarighet i miljön) (Ruszkiewicz et al. 2017; Hu et al. 2025).

Uptag av UV-filter har påvisats redan hos primärproducenter som gröna mikroalger, vilka har viktiga roller i ekosystem genom att utgöra basen i många näringskedjor samt bidra till syreproduktion och kolbindning (Merdzan et al. 2014; Spetea Wiklund & Ekendahl 2021). På grund av ämnens bioackumulerande egenskaper har de även påträffats i högre trofiska nivåer vilket tyder på potentiell överföring genom näringsväven (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

Ny forskning om bioackumulering av UV-filter i akvatiska organismer belyser den potentiella risk som användning av solskyddsprodukter kan innebära. Flera studier har visat att kemiska UV-filter som oxybenzon och oktokrylen samt

mineraliska UV-filter som zinkoxid och titandioxid kan påverka mikroalgers tillväxt och fotosyntes negativt (Hou et al. 2018; Duda et al. 2024; Sadhu et al. 2026). På grund av detta har oxybenzon förbjudits i ett flertal länder och områden i närheten till korallrev, till exempel på Hawaii (Zhong et al. 2019). Trots den uppmärksamhet som UV-filtrens potentiella miljöpåverkan har fått så är samtliga UV-filter som undersöks i denna studie fortfarande godkända för användning i kosmetiska produkter inom EU (European Parliament and the Council of the European Union 2009). Därför finns behov av vidare forskning för att undersöka UV-filtrens miljöpåverkan och öka kunskapen om risker för akvatiska ekosystem.

2. Syfte och frågeställning

Syftet med denna litteraturstudie är att undersöka hur kemiska UV-filter såsom oxybenzon och oktokrylen, samt mineraliska UV-filter, som zinkoxid och titandioxid, påverkar gröna mikroalger i akvatiska miljöer. Studien syftar även till att belysa hur människors användning av solskyddsprodukter i samband med nyttjande av vattenmiljöer kan bidra till utsläpp av UV-filter i akvatiska ekosystem, samt belysa resultatens relevans i svenska vattenmiljöer.

Frågeställningar:

- Hur påverkar UV-filtren oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid och titandioxid gröna mikroalgers tillväxt och fotosyntes, och vilka UV-filter uppvisar störst toxicitet?
- Vilka koncentrationer av UV-filter förekommer i naturliga akvatiska miljöer och hur förhåller de sig till koncentrationer som visat effekter på gröna mikroalger i laboratoriestudier?
- Vilka potentiella konsekvenser kan UV-filter ha på ekosystemnivå

I denna studie syftar begreppet kemiska UV-filter på oxybenzon och oktokrylen, och mineraliska UV-filter på zinkoxid och titandioxid.

3. Bakgrund

3.1 UV-strålning

Ultraviolett strålning (UV-strålning) sänds ut naturligt från solen och har både vitala och skadliga effekter. UV-strålning befinner sig mellan våglängdsspannet 100-400nm, där de delar in sig i tre band. UV-A (320-400nm), UV-B (280-320nm) och UV-C (100-280nm). I regel innebär en kortare våglängd en högre potentiell skaderisk. De olika UV-strålningarna fångas upp i olika delar av atmosfären, UV-C absorberas högst upp i jordens atmosfär och UV-B absorberas främst i ozonskiktet när solen står lågt. Runt 90% av UV-strålningen vi utsätts för består av UV-A. Exponering av UV-strålning kan ge hudskador som solbränna och ökad risk för hudcancer. För att minska dessa risker används solskyddsprodukter innehållande UV-filter som absorberar eller reflekterar bort UV-strålning (SSI 2005).

3.2 Solskyddsprodukter och UV-filter

Solskyddsprodukter kommer i flera olika former som kräm, gel, spray eller stift, som tillåter olika sorters applicering av produkten (Ruiz-Gutiérrez et al. 2022). Användningen av solskyddsprodukter är det vanligaste skyddet mot UV-strålning i Sverige, i följd av att vara i skugga och använda täckande kläder (SSI 2005). En optimal solskyddsprodukt ska impregnera det yttersta skiktet i överhuden, så kallat hornlagret, men inte penetrera ned i den underliggande levande vävnaden (Nohynek & Schaefer 2001; 1177 Vårdguiden 2024).

UV-filter används i stor utsträckning inom kosmetika. År 2014 fanns det uppskattningsvis runt 16 000 – 25 000 ton av produkter som innehöll UV-filter och i och med det konsumtionssamhälle som råder beräknas mängden idag vara större (de Miranda et al. 2021). Utöver skönhetsprodukter så finns UV-filter i industriella produkter som plast och målarfärg (de Miranda et al. 2021).

Solskyddsprodukter innehåller kemiska UV-filter och/eller mineraliska UV-filter som skyddar mot solstrålning via olika mekanismer. UV-filter är den aktiva ingrediensen i solskyddsprodukter som ger skydd mot UV-strålning. De övriga ingredienserna är bärarämnen som bidrar till formeln, men skyddar inte direkt mot solljus. För ett fullständigt skydd mot både UV-A- och UV-B-spektrat krävs oftast en kombination av båda typerna av filter. Utöver att skydda mot strålning måste

solskyddsprodukter också vara icke-toxisk för huden, eftersom små mängder kan absorberas genom huden eller intas efter applicering på läpparna eller via inandning vid användning av spray. UV-filter måste vara stabila vid exponering av solljus och värme för en lång hållbarhet utan att de bryts ned, samt vara skonsamt mot huden och inte skapa irritation. Idag ska solsskyddsprodukter vanligtvis vara vattenresistenta, genomskinliga, doftfria, smaklösa och lämpliga för kosmetika (Nohynek & Schaefer 2001).

Inom EU är cirka 30 olika UV-filter tillåtna att användas i solsskyddsprodukter, givet att kraven i förordningen 1223/2009 uppfylls för att säkerställa deras effektivitet och att de inte är skadliga för människors hälsa (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2022). Koncentrationer av UV-filter i solskyddsprodukter kan variera beroende på lagstiftningar i olika delar av världen (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

3.3 Mineraliska UV-filter

Mineraliska UV-filter, även kallat oorganiska UV-filter eller fysikaliska UV-filter, är mineralpartiklar som reflekterar bort UV-strålning och ger ett långvarigt solskydd. Vanligtvis syns ett vitt lager efter insmörjning med solskyddsprodukter innehållandes mineraliska UV-filter, men det finns också i nanoform där mineralpartiklarna har en diameter mindre än 100 nanometer, som inte ger den vita hinnan (Apoteket, u.å.). Två vanligt förekommande ämnen av denna typ är zinkoxid och titandioxid (Schneider and Lim 2018; Apoteket, u.å.). Nanopartiklar av dessa ämnen har visats inte penetrera huden i större mängder, och de anses därför generellt säkra för användning (Schneider and Lim 2018; Svanen, u.å.).

3.3.1 Zinkoxid

Zinkoxid (ZnO) är ett mineralisk UV-filter som reflekterar bort UV-strålning. Det består oftast av nanopartiklar, men kan också förekomma i bulkform med större partikelstorlek än 100nm. Ämnet skyddar mot ett brett spektrum av UV-strålning som inkluderar både UV-A och UV-B (Schneider and Lim 2018). Den lilla mängd som absorberas av huden anses vara lägre än den naturliga förekomsten av zink i kroppen, och det bedöms att den zink som penetrerar genom huden förekommer som zinkjoner snarare än molekyler (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015). Utöver solskyddsprodukter och annan kosmetika används zinkoxid-nanopartiklar inom medicin, plaster, kemiska fibrer, elektronik, färger och inom andra industrier. Detta beror bland annat på ämnets UV-blockerande, antibakteriella egenskaper och långa livslängd (Hou et al. 2018).

3.3.2 Titandioxid

Titandioxid (TiO_2) består främst av nanopartiklar och är ett vanligt UV-filter i solskyddsprodukter och till skillnad från zinkoxid skyddar det bäst mot UV-B-strålning (Schneider & Lim 2018). Titandioxid är det vanligaste färgpigmentet inom färgindustrin, men är klassificerat som cancerframkallande i pulverform vid inandning. Forskning bedömer dock att det inte finns någon risk vid användande av solskyddsprodukter innehållandes titandioxid då risk för inandning är låg. Däremot brukar inte solskyddsprodukter i sprayform innehålla titandioxid av denna anledning (Apoteket, u.å.).

3.4 Kemiska UV-filter

Kemiska UV-filter skiljer sig från mineraliska genom att de absorberar UV-strålning i stället för att reflektera den. I solskyddsprodukter kombineras ofta ett antal olika kemiska UV-filter för att ge skydd mot både UV-A och UV-B strålning (Apoteket, u.å.). De aktiva ämnena tränger in i det övre hudlagret, absorberar och omvandlar UV-strålning till värme som sedan fördelas på huden och skyddar de nedre hudlagren mot solskador (Apoteket, u.å.; Svanen, u.å.).

Globalt sett finns det cirka 50 olika ämnen som är tillåtna att användas som UV-filter enligt olika lagstiftningar världen runt, varav 30 är godkända inom EU (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015; Jesus et al. 2022). Däremot har endast 16 av dessa analyserats i olika miljömatiser som vatten och jord, och miljöpåverkan av kemiska UV-filter kan därför inte uppskattas fullt ut. Två kemiska UV-filter som är omtalade och forskas på är oktokrylen och oxybenzon (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

3.4.1 Oktokrylen

Oktokrylen (OC) är brett använt runt hela världen på grund av dess förmåga att absorbera både UV-A och UV-B strålning (320-340nm). Ämnet har dessutom en förmåga att stabilisera andra UV-filter i solskyddsprodukter (Hu et al. 2025). Oktokrylen har hög lipofilitet och bryts inte ned lätt i miljön. Detta leder till att ämnet kan finnas kvar länge i naturen och har en hög potential till bioackumulering (Ruszkiewicz et al. 2017; Hu et al. 2025).

3.4.2 Oxybenzon

Oxybenzon, även kallat BP-3 eller benzophenone-3, är ett känt UV-filter som finns i många solskyddsprodukter och kosmetika men även i plaster och målarfärger (Florent et al. 2024). Likt oktokrylen är det ett av den vanligaste aktiva ingrediensen i solskyddsprodukter globalt sett på grund av dess förmåga att absorbera stort spektrum av UV-strålning och skydda huden mot solskador. Däremot har ämnets potentiella ekotoxiska påverkan börjat diskuteras, vilket har resulterat i förbud i somliga länder och områden (Zhong et al. 2019). På grund av detta uppskattas oktokrylen att användas i större utsträckning än oxybenzon (Hu et al. 2025).

3.5 Lagstiftning för UV-filter

Ämnena oxybenzon och oktokrylen är omtalade på grund av deras potentiella miljöpåverkan samtidigt som de är godkända för användning inom EU (European Commission, 2022; Apoteket u.å.). Oxybenzon är lagligt i kosmetiska produkter inom EU med en maxkoncentration på 6% på grund av ämnets hormonstörande effekt vid större koncentrationer och för sprayform är maxkoncentrationen 2,2% (European Parliament and the Council of the European Union 2009). Inom EU är oktokrylen lagligt i en maxkoncentration på 10% så länge kosmetikan inte är i sprayform. För sprayprodukter är den maximalt tillåtna koncentrationen 9% (European Commission, 2021).

Till skillnad från EU så är oxybenzon olagligt för användning och/eller försäljning i Hawaii, Mexiko, Thailand, Palau, Aruba och Bonaire på grund av dess påverkan på främst miljön (Zhong et al. 2019; Florent et al. 2024). Oktokrylen är däremot lagligt i de flesta områden, med undantag från Palau, och är omtalat på grund av dess påverkan på mikroalgens tillväxt trots att det är en vanlig ingrediens i korallvänliga solskyddsprodukter (de Miranda et al. 2021; Hu et al. 2025). I stället uppmuntrar de till miljövänligare alternativ som UV-skyddande kläder och mineralbaserade solskyddsprodukter som inte innehåller nanopartiklar (Zhong et al. 2019).

Zinkoxid och titandioxid i nanoform är lagligt inom EU i en maxkoncentration om 25% utan risk för inandning av ämnet. Ämnet är därmed lagligt inom kosmetika och solskyddsprodukter som inte är i sprayform (European Parliament and the Council of the European Union 2009).

Sammantaget är samtliga nämnda UV-filter lagliga inom EU och Sverige i viss koncentration, baserat på ämnenas hälsorisker.

3.6 Utsläpp av UV-filter i naturliga vattenmiljöer

UV-filter kan släppas ut direkt i vattenmiljöer genom vattenbaserade aktiviteter så som bad, simning, surfing, dykning och båtliv. Dessa aktiviteter kan resultera till tillförsel av UV-filter i ytvatten. Applicering av solskyddsprodukter nära vatten kan också orsaka direktutsläpp, särskilt om sprayer används då cirka 50-60% av sprayen kan hamna i miljön (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022). Studier har visat att det finns ett direkt samband mellan strandbesökare och mängden solskyddskomponenter som släpps ut i olika sorters vattenmiljöer. Utöver dessa direkta utsläppsfaktorer finns indirekta faktorer så som tvättning, duschning eller urinerings. Genom dessa faktorer kan UV-filter nå avloppsreningsverk, där vissa UV-filter inte avlägsnas fullständigt innan de släpps ut i vattenmiljöer (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

Belastningen av UV-filter i miljön beror även på typen av solskyddsprodukt, varaktigheten på vattenaktiviteten samt hur snabbt solkrämen sköljs bort från huden. Avsköljning av solskyddsprodukter vid vattenaktiviteter kan bero på UV-filtrets kemiska egenskaper, exempelvis deras vattenresistens, men även appliceringsmängden. Dessutom antas vattenkemin påverka hur snabbt solskyddsprodukter sköljs av, där salthalt, temperatur och förekomst av löst eller partikulärt organiskt material kan påverka. Det uppskattas att mellan 20–100% av applicerad solkräm sköljs av direkt till ytvattnet (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022).

Utsläppen av UV-filter kan kopplas till säsong, mängd vattenaktivitet och avstånd från strandkant. Halterna kan därför vara högre under sommarperioderna med ökad badaktivitet och användning av solskyddsprodukter. Även dygnsvariationer har konstaterats där högre halter uppmätts under dagtid när fler människor vistas i vattnet. Sammantaget styrker detta faktum att mänsklig närvaro och direktkontakt i vatten är främsta källan för direktutsläpp (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022).

3.7 Naturlig nedbrytning

Miljöfaktorer kan i hög grad bidra till nedbrytningen av kemiska föroreningar i naturen. Vissa UV-filters nedbrytningsförmåga påverkas av UV-strålning, medan andra kan påverkas av naturliga vattendrag och marina sediment. Däremot kan nedbrytningsprocessen begränsas i naturliga miljöer på grund av UV-filtrens höga lipofilicitet, fotostabilitet och låga vattenlöslighet.

Oavsett vilken nedbrytningsprocess som sker, kan det leda till utsläpp av derivatkemikalier genom hydrolys, det vill säga molekyler med liknande kemisk struktur och ofta även liknande egenskaper som bildats efter reaktion där vatten deltar (de Miranda et al. 2021).

3.7.1 Kemiska UV-filter

Oxybenzon har en betydligt längre nedbrytningstid jämfört med flera andra UV-filter. Efter att ämnet exponerats för artificiellt solljus i 20 dagar så hade endast 8% av molekylen brutits ned och halveringstiden för oxybenzon kan variera kraftigt från 90 dagar upp till 2,3 år, vilket indikerar att ämnet kan vara relativt persistent i miljön (Zhong et al. 2019; de Miranda et al. 2021).

Kunskapen kring naturlig nedbrytning av oktokrylen är relativt begränsad. Ämnet har visat låg biologisk nedbrytbarhet och relativt hög fotostabilitet i laboratoriestudier (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022). Däremot kan ämnet brytas ned biologiskt av mikroorganismer. Vissa bakterier, som *Mycobacterium agri* har visat förmåga att reducera koncentrationen av oktokrylen med cirka 19,1% på 10 dagar (Suleiman et al. 2019). En tydlig nedbrytning av oktokrylen har observerats i avloppsreningsverk där ämnet bröts ned till cirka 90% efter 12–14 dagar. I avloppsreningsverk har oktokrylen även visat sig vara nedbrytbart i mikrocösmos, det vill säga små, avgränsade modeller av större ekosystem. Det finns även indikationer på nedbrytning av ämnet i marina sedimentmikrocösmos och mikrocösmos med sjövattnet (Fagervold & Lebaron 2022).

3.7.2 Mineraliska UV-filter

Till skillnad från kemiska UV-filter är kunskapen kring nedbrytningen av mineraliska UV-filter betydligt mindre. Detta beror delvis på att mineraliska UV-filter som ofta består av nanopartiklar är svåra att urskilja från naturligt förekommande nanopartiklar, samt att koncentrationen av dessa är relativt låga i naturliga miljöer (de Miranda et al. 2021).

Nedbrytningen av de två mineraliska UV-filtren zinkoxid och titandioxid har studerats i laboratoriestudier som visar att ämnena bryts ned i hög grad av vattnets salthalt, samt miljöns pH-värde och jonstyrka. Eftersom titandioxid och zinkoxid är oorganiska ämnen bryts de inte ned biologiskt (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022). Utöver detta tros nedbrytningen av TiO_2 och ZnO nanopartiklar leda till utsläpp av Zn^+ och reaktiva syreföreningar (ROS), vars effekt på akvatiska organismer är relativt okända (de Miranda et al. 2021).

Nanopartiklar av zinkoxid tenderar att aggregera i miljöer med hög salthalt, medan sura miljöer främjar upplösning och frisättning av Zn^{2+} -joner. Mindre nanopartiklar uppvisar även högre reaktivitet (Amin & Erfan 2025). Zinkoxid påstås kunna lösas upp i vatten, och experimentella studier visar att upplösningen sker snabbare vid lägre pH-värden. Vattnets jonsammansättning kan också bidra till högre upplösningshastighet (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022).

Titandioxid är ett stabilt ämne som är svårnedbrytbart i naturliga miljöer. I vanliga avloppsreningsverk löses ämnet inte upp och kräver stark syra samt upphettning för att brytas ned (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022).

3.7.3 Spridning av UV-filter

Både kemiska och fysikaliska UV-filter har hittats nära utloppsvatten från avloppsreningar vid strandområden. Med tanke på hur ämnena används anses detta i sig inte vara oförutsägbart. Däremot tenderar kemiska UV-filter att inte vara begränsade till dessa områden. Analyser från avlägsna området Antarktiska halvön har identifierat varierade mängder av kemiska UV-filter i samtliga analysprover som gjordes. Detta indikerar att dessa UV-filter färdas långa vägar från urbana områden. En del av förekomsten kan förklaras av lokala utsläpp av avloppsvatten, men antas inte utgöra majoriteten av de uppmätta halterna av UV-filter i området (de Miranda et al. 2021).

3.8 Alger

Alger är ett samlingsnamn på en stor grupp fotosyntetiserande organismer som inkluderar taxonomiskt varierade arter från rikena: växter, protister och cyanobakterier. De förekommer främst i vattenmiljöer, både i salt- och sötvatten, men kan även förekomma i terrestriska miljöer. I Sverige förekommer alger i vattenmiljöer med varierande salthalt, från sötvattensjöar till bräckt vatten i Östersjön och saltvatten längs västkusten (SLU Artdatabanken 2025a).

Alger kan delas in i flera grupper, bland annat grönalger, rödalger, brunalger, gulgrönalger och kransalger baserat på deras färgpigment som ger dem en dominerande färgton (Aneer & Löfgren 2014; SLU Artdatabanken 2025a). Alger varierar kraftigt i storlek och struktur, från encelliga mikroskopiska alger till stora flercelliga, och kan därav variera i utseende och funktion. Utifrån storleken kan de vidare grupperas i makroalger och mikroalger (Sahoo & Seckbach 2015; SLU Artdatabanken 2025a).

Makroalger består till störst del av flercelliga bentiska (fastsittande) arter som är synliga för blotta ögat. De skapar viktiga habitat och livsmiljöer för akvatiska arter som fiskar, kräftdjur och andra organismer som gynnas av deras strukturer (Thoré et al. 2023).

Mikroalger å andra sidan är encelliga, mikroskopiska alger som förekommer i vattenmiljöer som sjöar, åar och hav där de främst lever planktoniskt. Tillsammans med cyanobakterier utgör de en stor del av växtplanktonet i dessa miljöer. Mikroalger är fotosyntetiserande organismer med viktiga ekologiska funktioner då de är huvudsakliga primärproducenter i akvatiska ekosystem (Thoré et al. 2023; Göteborgs universitet, 2026). De utgör födobasen i många akvatiska näringsvävar och bidrar med energi och näring till organismer som zooplankton, musslor och fisk (Thoré et al. 2023; SLU Artdatabanken 2025a). Genom fotosyntes omvandlar de ljusenergi och koldioxid till organiskt material, samtidigt som de står för drygt hälften av all syreproduktion på jorden. De producerar även viktiga biomolekyler som fett, protein och kolhydrater från grundämnena kväve, fosfor, väte, kol och svavel (Spetea Wiklund & Ekendahl 2021).

3.8.1 Gröna mikroalger

Majoriteten grönalger förekommer främst i sötvatten som i sjöar, floder, åar, diken och andra sorters sötvattensmiljöer. Endast 10% av grönalger finns i marina miljöer, men trots detta utgör de majoriteten av flödet av organiskt material till högre trof nivåer i marina ekosystem (Sahoo & Seckbach 2015).

Gröna mikroalger är fotosyntetiserande eukaryoter som kännetecknas av att ha klorofyll a och b som huvudsakliga pigment i kloroplasterna (Sahoo & Seckbach 2015; Andersen & Lewin 2026). Utöver klorofyll innehåller de även andra pigment, så kallat karotenoider (Sahoo & Seckbach 2015). Klorofyll a är huvudpigmentet i fotosyntesen som är närvarande i alla fotosyntetiserande alger, medan klorofyll b och karotenoider är hjälppigment som samlar in energi för att sedan överföra det till klorofyll a (Sahoo & Seckbach 2015; Panawala 2017).

På grund av gröna mikroalgernas roll som primärproducenter i akvatiska ekosystem har de en stor ekologisk betydelse. De är syreproducerande, binder stora mängder koldioxid, samt utgör föda för andra organismer som exempelvis musslor eller mindre vattenlevande kräftdjur som *Daphnia* (Sahoo & Seckbach 2015; Spetea Wiklund & Ekendahl 2021; IVL Svenska Miljöinstitutet 2026).

Förekommande släkten av gröna mikroalger i svenska vatten är *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Scenedesmus* *Pseudokirchneriella* och *Tetradismus* (SLU Artdatabanken 2025b). Dessa används även som modellorganismer i laboratorier, där *Chlorella* bland annat har använts för att undersöka fotosyntetiska processer (Sahoo & Seckbach 2015).

3.9 Allemansrätten

Allemansrätten är en grundlagsskyddad sedvana som ger oss rätt och möjlighet att vistas fritt i naturen, inklusive i sjöar, vattendrag och kustområden, och sammanfattas ofta med principen att ”inte störa eller förstöra”. Dessa miljöer är populära för vattenbaserade rekreationsaktiviteter som bad, vilket innebär att akvatiska organismer som mikroalger i dessa områden ofta utsätts för mänsklig aktivitet. Bad och vistelse i vattenmiljöer kan leda till utsläpp av UV-filter från solskyddsprodukter, vilket gör att användning av sådana produkter i dessa miljöer blir relevant att beakta ur ett allemansrättsligt perspektiv (Bengtsson 2023).

4. Metod

Denna litteraturstudie syftar till att utreda effekterna av fyra olika UV-filter (oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid och titandioxid) på gröna mikroalger. Studien baseras på vetenskapliga publikationer som artiklar, rapporter och översiktsstudier.

Information hämtades främst via SLU:s biblioteksdatas Primo samt genom databaser såsom Google Scholar, Web of Science och ScienceDirect. Viss litteratursökning gjordes genom att studera källhänvisningar i rapporter och artiklar. Kompletterande sökningar via Google gjordes för ytterligare publikationer från exempelvis myndigheter, institutioner och organisationer.

Inledningsvis var sökningen bred med sökorden "*sunscreen effects on algae*" för att få fram information om ämnen som visade sig vara toxiska på alger, samt vilka alger som indikerade på störst påverkan. Grundidén var att jämföra påverkan av UV-filter mellan mikro- och makroalger, men i och med den befintliga forskningen och relevansen av påverkan avgränsades ämnet i stället till fyra olika UV-filter och deras påverkan på gröna mikroalger.

Vidare sökningar var mer specifika för att kunna besvara frågeställningarna, med sökorden: "*green microalgae*", "*UV-filter*", "*mineral UV-filter*", "*inorganic*" "*UV-filter*", "*chemical UV-filter*", "*organic UV-filter*" "*oxybenzone*", "*octocrylene*", "*zinc oxide*", "*titanium dioxide*", "*photosynthesis*", "*ecotoxicity*" och "*bioaccumulation*". Kombinationer av sökorden med hjälp av operatorerna AND och OR avgränsade sökresultatet ytterligare och gav högre relevans av källor.

Artiklar och böcker publicerade före år 2000 valdes aktivt bort för att säkerställa att arbetet bygger på aktuell vetenskap och nyare forskningsresultat. Även publikationer och hemsidor om solskyddsprodukter som inte hade vetenskaplig bakgrund eller länkade källor exkluderades. Enbart vetenskapligt granskade artiklar inkluderades i resultatet, medan digitala böcker och övriga publikationer användes till bakgrunden om de bedömdes som relevanta och trovärdiga.

5. Resultat

5.1 UV-filters effekt på gröna mikroalger

5.1.1 Oxybenzons effekt på gröna mikroalger

Oxybenzon påvisar toxiska effekter hos flera arter av gröna mikroalger genom hämmad celltillväxt och klorofyllsyntes samt inhibering av fotosyntetiserande aktiviteter (Teoh et al. 2020; Duda et al. 2024). En korrelation mellan oxybenzon och begränsad celltillväxt samt klorofyllinhibering observeras hos mikroalgen *Chlorella* vid längre exponeringstid. I högre koncentrationer noteras även en ljusblekning av algerna (Zhong et al. 2019).

Vid låga halter begränsas algernas fotosyntetiska och respiratoriska processer, vilket resulterar i överproduktion av ROS och reducerad energitillgång till cellens livsprocesser. Den lägsta koncentrationen som ger en signifikant påverkan på *Chlorella* är 22,8 ng/L (se tabell 1). Vid denna koncentration påverkas tillväxten och klorofyllsyntesen efter 20 dagars exponering (Zhong et al. 2019).

För grönalgen *Chlamydomonas reinhardtii* observeras en stimulering av tillväxthastigheten vid koncentrationen 100 mg/L, men en hämning i högre koncentrationer. *Scenedesmus quadricauda* uppvisar generellt minst känslighet för UV-filtrets toxiska effekter i jämförelse med de övriga arterna, där tillväxthastigheten ökade med stigande koncentrationer av oxybenzon (Teoh et al. 2020). *C. reinhardtii* visar dessutom systematiskt upptag av oxybenzon i koncentrationer likt ute i naturen, vilket orsakar en minskning i klorofyll a (de Miranda et al. 2021).

5.1.2 Oktokrylens effekt på gröna mikroalger

Exponering av oktokrylen har en signifikant påverkan på gröna mikroalgers tillväxt och fotosyntes (Duda et al. 2024; Hu et al. 2025). *Tetradesmus obliquus* visar tydlig inhibering av tillväxt och påverkan på fotosyntesen och energimetabolismen orsakat av oktokrylen. Den försämrade fotosyntesen och energiproduktionen påverkar den metaboliska balansen i cellen negativt, vilket resulterar i negativ celltillväxt och celldelning hos arten. Efter att algen exponerats för 500 µg/L av oktokrylen i 7 dagar (se tabell 1) började nivåerna av klorofyll a, klorofyll b och karotenoider minska med cirka 20–40% jämfört med kontrollgruppen (Hu et al. 2025). *Chlorella vulgaris* är ytterligare en art som visar på inhibering av tillväxt efter exponering av oktokrylen (Duda et al. 2024).

Oktokrylen har även visats kunna generera ROS både på huden och i vattenlösningar under UV-strålning, vilket kan skada algcellerna och orsaka oxidativ stress (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

5.1.3 Zinkoxids effekt på gröna mikroalger

Flera studier visar att effekten av zinkoxid på mikroalger är korrelerad till ämnets storlek. Nanopartikulär form har större inverkan på tillväxthämning jämfört med ämnets bulkform, med en lägsta koncentration med observerad påverkan på mikroalgen *Dunaliella tertiolecta* på 0,5 mg/L för en partikelstorlek på 100nm samt 3,00 mg/L för 200nm. Mindre partikelstorlek av zinkoxid orsakar fler reaktiva ytor som kan binda till reaktiva syreföreningar vilket kan orsaka oxidativ stress och skada cellstrukturer (Hou et al. 2018). Ytterligare en faktor som påverkar ZnO nanopartiklars toxicitet är mörker. En högre överlevnadsgrad bekräftas vid exponering av ljus jämfört med de i mörker (Hou et al. 2018).

Effekterna av zinkoxid är dessutom koncentrations- och tidsberoende, där ökad exponering orsakar högre toxiska effekter. När *Pseudokirchneriella subcapitata* utsätts för zinkoxid och en koncentration på 0,1 mg/L minskar tillväxten med 90% efter 72 timmars exponering (Hou et al. 2018). Enligt ytterligare en studie minskar *P. subcapitata*s tillväxt med 50% vid koncentrationer av zinkoxid runt 0,05–0,07 mg/L efter samma exponeringstid (se tabell 1) (Gunawan et al. 2013). Dessutom påverkar mikroalgernas känslighet resultatet, där arterna *D. tertiolecta*, *Chlorella* sp. och *P. subcapitata* uppvisar olika toleransnivåer (Hou et al. 2018).

5.1.4 Titandioxids effekt på gröna mikroalger

Studier visar att titandioxid påverkar gröna mikroalgers fotosyntetiska aktivitet och tillväxt i samband med ökad koncentration och exponeringstid (Hund-Rinke & Simon 2006; Sadhu et al. 2026). Hos *Chlamydomonas reinhardtii* observeras en reduktion av fotosyntetisk aktivitet vid högre halter över 1 mg/L (se tabell 1), medan ingen negativ påverkan kan urskiljas vid 0,1 mg/L (Sadhu et al. 2026).

Toxiska effekter på gröna mikroalger varierar beroende på art och partikelstorlek. En effekt på 50% hos mikroalgerna *Chlorella* sp. och *Scenedesmus* sp. har observerats vid koncentrationerna 16,12 mg/L och 21,2 mg/L respektive efter exponering av nanopartiklar, samt 35,50 mg/L och 44,40 mg/L respektive vid exponering av större partiklar (Sadiq et al. 2011).

De huvudsakliga toxiska effekterna av titandioxid på gröna mikroalger är hämmad celltillväxt samt skada på membran och genetiskt material (Sadhu et al. 2026). Studier har även observerat bildning av ROS i samband med exponering,

vilket resulterar i oxidativ stress som orsakar hämmad tillväxt (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015; Jeon et al. 2016).

Vidare har stora ansamlingar av titandioxid i nanoform visats kunna bilda aggregat som fångar in algceller och därmed orsakar en potentiell skuggningseffekt som begränsar ljusåtkomsten, vilket kan hämma fotosyntesen och deras tillväxt. Detta tyder på att bulkformen av titandioxid är mindre toxisk i jämförelse med nanoformen, eftersom bulkformen inte bildar samma aggregatstrukturer (Sadhu et al. 2026).

5.2 Uppmätta koncentrationer UV-filter i naturliga vattenmiljöer

Koncentrationer av oxybenzon i sjövattnen har uppmätts till mellan <2 och 125 ng/L, medan betydligt högre halter har uppmätts i havsvatten med koncentrationer omkring 3300 ± 200 ng/L (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015). Vanligtvis förekommer relativt låga koncentrationer i miljön, på ng/L-nivåer, men vid avloppsutsläpp eller i rekreativsvatten där människor utför aktiviteter och badar kan högre nivåer förekomma, upp till µg/L- eller mg/L-nivåer (Teoh et al. 2020). I USA har extrema halter av oxybenzon förekommit, upp till 1,395 mg/L har uppmätts vid den populära badstranden Trunk Bay, vilket visas i tabell 1 (Teoh et al. 2020).

Koncentrationer av oktokrylen har uppmätts främst i lägre halter, omkring 1–10 µg/L. Som tabell 1 visar har betydligt högre halter överstigande 100 µg/L uppmätts i lokala områden med mycket vattenbaserade rekreativsaktiviteter (Hu et al. 2025). Ytterligare studier har uppmätt koncentrationer oktokrylen från icke detekterbara nivåer till 2780,7 ng/L i havsvatten samt icke detekterbara nivåer till 4381 ± 539 ng/L i sjövattnen (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015). I marina miljöer i Hong Kong har koncentrationer mellan 103–6812 ng/L uppmätts (Thallinger et al. 2023).

I Medelhavet har koncentrationer av zinkoxid uppmätts till cirka 1 µg/L (se tabell 1) och i Europa beräknas den naturliga koncentrationen i vatten och avloppsvatten vara 10 ng/L respektive 430 ng/L (Hou et al. 2018; Thallinger et al. 2023).

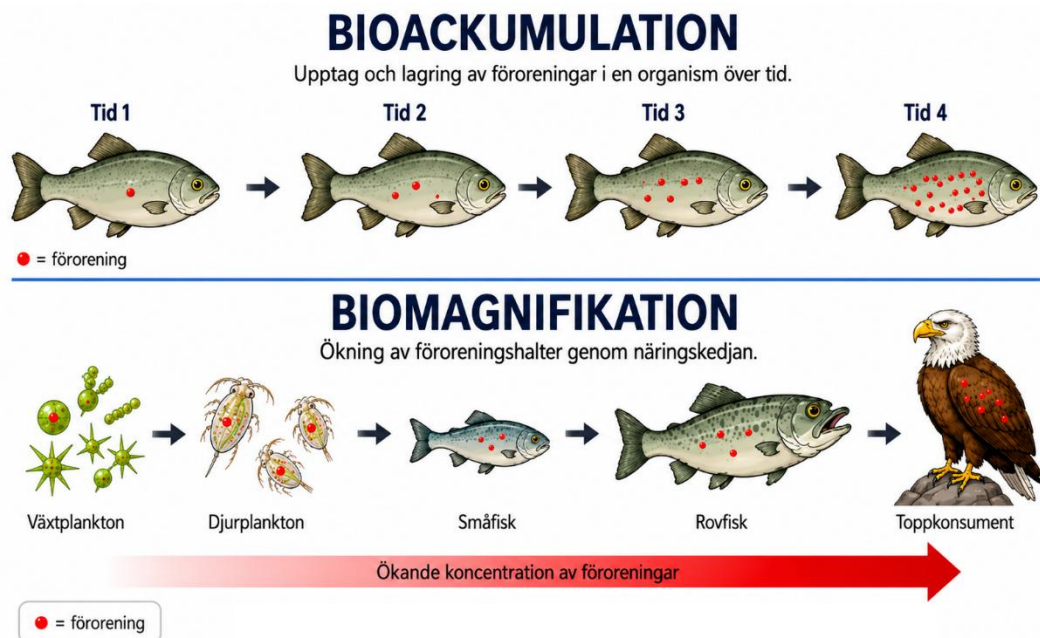
Koncentrationer av titandioxid har uppmätts i olika rekreativsvatten i Medelhavet till några tiotal µg/L. Nanopartiklar av titandioxid har uppmätts i ytvattenkoncentrationer i europeiska kustvatten upp till 16,8 µg/L samt 103 µg/L vid San Francisco Bay (se tabell 1) (Sadhu et al. 2026). Andra studier rapporterade uppskattade koncentrationer i vattenmiljöer inom intervallet 24–245 µg/L (Thallinger et al. 2023).

Tabell 1. Lägsta effektkoncentrationerna i jämförelse med högsta uppmätta miljökoncentrationer av UV-filtren oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid och titandioxid i akvatiska miljöer.

UV-filter	Lägsta effektkoncentration	Högsta uppmätta miljökoncentration
Oxybenzon	22,8 ng/L	1,395 mg/L
Oktokrylen	500 µg/L	>100 µg/L
Zinkoxid	0,05 mg/L	1 µg/L
Titandioxid	>1 mg/L	103 µg/L

5.3 UV-filters bioackumuleringsförmåga

Bioackumulation innebär att koncentrationen av ett ämne ökar i en organism över tid på grund av att ämnet upptas snabbare än vad det kan nedbrytas, utsöndras eller sönderfalla. Det sker oftast genom absorption direkt ur vattnet, men även via födointag av förorenad föda eller partiklar som redan absorberat ämnet (Sadhu et al. 2026; NE, n.d.). Genom biomagnifikation kan ämnena transporteras i näringsvävar via födan som orsakar en ökad koncentration ju högre upp i näringskedjan ämnet kommer (NE, n.d.). Detta illustreras i figur 1.



Figur 1. En illustration på de ekologiska principerna bioackumulation och biomagnifikation. (Bild skapad med AI från prompten "bioackumulation och biomagnifikation", 2026).

Flertal studier visar på att kemiska UV-filer har bioackumulerande egenskaper och förekommer i akvatiska organismer i halter som orsakar direkt skada. Detta på grund av ämnens lipofilitet. Oktokrylen och oxybenzon hittas i evertebrater som koraller, alger, skaldjur, blötdjur (snäckor, musslor och bläckfiskar), tagghudingar, men även högre upp i näringskedjan hos fiskar, fåglar och större marina däggdjur (Peng et al. 2020; Chatzigianni et al. 2022). Dessutom finns indikationer på att de har en hormonstörande effekt på fiskar (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015). Utöver detta kan bioackumulering inte bara skada vattenlevande organismer, utan även leda till biomagnifikation högre upp i näringskedjan (Huang et al. 2021).

Däremot menar andra studier att båda ämnena kan tas upp av vattenlevande organismer, men att bioackumuleringen varierar mellan arter, vävnader och miljöer. För oktokrylen finns flera tecken på bioackumulering, särskilt i marina organismer och musslor, men även i koraller. Dessutom tyder studien på att ämnet kan biomagnifieras, vilket bland annat kan kopplas till ämnets relativt höga lipofilitet (Zhong et al. 2019).

Oxybenzon visar mindre bioackumulativa egenskaper i jämförelse med oktokrylen, och bioackumuleras inte i någon större utsträckning. Dessutom visar ämnet i stället på trofisk utspädning snarare än biomagnifikation. Å andra sidan talar flera studier för att ämnet påvisar hög bioackumulering i vissa vävnader hos specifika organismer, som exempelvis i tarmen hos sjögurkan *Holothuria tubulosa* samt i koraller runt Hawaii (Sadhu et al. 2026).

Nanopartiklar av titandioxid påvisar en potential till bioackumulering som börjar hos alger, och som genom trofisk överföring kan sprida sig i näringsvävar. Det ackumuleras i flertal akvatiska organismer som alger, musslor, skaldjur och fiskar och kan orsaka skada på organismers organ som gälar och lever. Bioackumuleringen sker ofta genom direkt absorbering av ämnet, eller genom intag av kontaminerad föda eller partiklar. Däremot påverkar det absorberade ämnets partikelstorlek, ytbeläggning, kristallin fas och exponeringstid samt vattenkemi nivån på ackumuleringen (Sadhu et al. 2026).

Studier på zinkoxid indikerar att bioackumulering kan ske redan hos alger, och kan ske även bland större organismer som fiskar (Merdzan et al. 2014). Nanopartiklar sprider sig även lättare i organismer jämfört med bulkformen, och kan nå inre organ som gälar och lever hos fiskar (Hao et al. 2013). Koncentration, exponeringstid och partikelstorlek av zinkoxid påverkar bioackumuleringen, där mindre nanopartiklar lättare tas upp av akvatiska organismer (Amin & Erfan 2025).

6. Diskussion

6.1 UV-filters effekt på gröna mikroalger och påverkande faktorer

Resultatet visar att samtliga UV-filter som undersökts i denna studie kan ha negativ påverkan på gröna mikroalgers fotosyntes och tillväxt genom att hämma viktiga cellfunktioner. Påverkan inkluderade flera centrala processer hos algerna så som klorofyllsyntes, inhibering av klorofyll a, b och karotenoider samt skada på genetiskt material. Även bildning av ROS observeras hos majoriteten av UV-filtren som orsakar oxidativ stress hos algerna. Däremot observeras dessa effekter under laboratoriestudier i främst koncentrationer som vanligtvis inte uppmätts i naturliga miljöer.

Effekternas omfattning varierar dock beroende på flera faktorer, varav en är UV-filtrens egenskaper. Hos de mineraliska UV-filtren kan en toxicitet urskiljas mellan dess nanoform och dess bulkform, där nanoformen visar högre toxicitet genom att lättare tas upp av alger (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015).

Resultaten indikerar även att känsligheten varierar mellan arter av gröna mikroalger. Vid lägre koncentrationer kan vissa arter påverkas signifikant, medan andra uppvisar högre tolerans och inte påverkas i samma utsträckning. Exempelvis uppvisar *S. quadricauda* lägre känslighet för oxybenzon än grönalgerna *Chlorella* och *C. reinhardtii*, medan toleransnivån mot zinkoxid varierar mellan *D. tertiolecta*, *Chlorella* och *P. subcapitata* (Hou et al. 2018; Teoh et al. 2020).

Koncentration och exponeringstid har ett signifikant samband med skadan på algerna, där högre koncentration och exponering orsakar större skada på cellernas funktioner. Detta är gemensamt för samtliga UV-filter och samtliga gröna mikroalger som studerats.

Eftersom resultatet påverkas av de mineraliska UV-filtrens partikelstorlek, algernas känslighet, UV-filtrens koncentration och exponeringstid så blir enskilda UV-filters toxicitet svårbedömd. Resultatet behöver därför inte nödvändigtvis vara representativt för alla gröna mikroalger, utan effekterna tenderar att vara individuella för vardera art. Utöver detta kan UV-filter uppvisa varierande toxicitet mellan olika organismgrupper, vilket försvårar en generell bedömning om UV-filtrens miljöpåverkan och toxicitet.

För att få mer jämförbara resultat skulle standardiserade förutsättningar underlätta, exempelvis genom att undersöka samma grönalgsart i samma koncentrationer och exponeringstider för alla ingående ämnen. Detta skulle innebära mer tillförlitliga bedömningar av resultatet.

6.2 Miljökoncentrationer i relation till laboratoriekoncentrationer

Koncentrationer av oxybenzon har uppmätts i både sjö- och havsvatten i halter som i vissa fall överstigit de koncentrationer som visat negativ effekt på alger i laboratoriestudier (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez 2015; Zhong et al., 2019; Teoh et al. 2020). I laboratoriemiljö påverkar oxybenzon mikroalgen *Chlorella* redan vid mycket låga koncentrationer (22,8 ng/L) jämfört med de övriga studerade UV-filtren (Zhong et al., 2019). Då uppmätt koncentration av oxybenzon även var den högsta i naturliga miljöer (1,395 mg/L) (Teoh et al. 2020) indikerar detta att ämnet kan utgöra en större ekologisk risk för mikroalger än de övriga undersökta UV-filtren.

Oktokrylen har främst uppmätts i lägre halter, men koncentrationer över 100 µg/L har rapporterats från områden med vattenbaserade rekreationsaktiviteter (Hu et al., 2025). Den lägsta angivna koncentrationen som orsakat negativ effekt på mikroalger är 500 µg/L (Hu et al., 2025) vilket kan tyda på att de uppmätta halterna i miljön troligtvis ligger under den skadliga nivån som observerats i laborieförhållanden för gröna mikroalger.

I Medelhavet har halter av zinkoxid uppmätts till cirka 1 µg/L men uppskattas normalt förekomma i lägre koncentrationer i miljön (Hou et al. 2018; Thallinger et al. 2023). I jämförelse med den lägsta koncentrationen som påverkade mikroalger negativt i laboratoriestudier (0,05 mg/L) (Gunawan et al. 2013) så tyder detta på en begränsad risk för negativa effekter i naturliga förhållanden.

Titandioxid har uppmätts till 103 µg/L vid San Francisco Bay, och uppskattas förekomma i naturliga vattenmiljöer i upp till 245 µg/L (Thallinger et al. 2023; Sadhu et al. 2026). Eftersom den lägsta observerade halt som visade en negativ påverkan på mikroalger var >1 mg/L (Sadhu et al. 2026) så indikerar detta att miljökoncentrationerna generellt ligger under de nivåer som orsakade negativ påverkan på mikroalger i laboratoriestudier.

Eftersom många av mikroalgsarterna som undersöktes i laboratoriestudier förekommer naturligt i svenska vatten samtidigt som de undersökta UV-filtren används och är tillåtna inom Sverige, är det relevant att undersöka vilka halter UV-filter som förekommer i svenska vatten. Däremot har de flesta studierna som inkluderats utförts under kontrollerade laboratorieförhållanden, vilket kan skilja sig mycket från naturliga, svenska vattenmiljöer. Faktorer som salthalt, temperatur, ljusintensitet och andra föroreningar kan påverka UV-filtrens beteende som inte fullt ut kan återskapas i laboratorium. Dessa miljöfaktorer kan också variera geografiskt inom Sverige. Exempelvis skiljer sig salthalten mellan sötvattensjöar, bräckt vatten så som Östersjön och västkustens marina miljöer, samtidigt som temperaturer och ljusintensitet varierar mellan nordliga och sydliga delar av landet. Resultat från dessa studier behöver därför inte nödvändigtvis spegla riktiga ekologiska förhållanden.

6.3 Spridning och förekomst av UV-filter i vattenmiljöer

Att majoriteten av UV-filtren visade låg förekomst i naturliga miljöer men högre koncentrationer vid rekreationsområden kan tyda på att utsläppen främst kommer från mänsklig aktivitet i akvatiska miljöer, vilket dessutom stöds av tidigare forskning (Sánchez-Quiles & Tovar-Sánchez, 2015). Detta skulle kunna innebära att utsläppen blir relativt lokala som orsakar en högre koncentration i ett begränsat område. Gröna mikroalger i dessa områden riskerar då att utsättas för högre koncentrationer som potentiellt skulle kunna orsaka negativa effekter. Trots att utsläppen tyder på att vara lokala så finns även en potential för framför allt kemiska UV-filter att spridas långa sträckor, vilket kan orsaka konsekvenser på platser långt bort från urbana områden och därmed ha okänd påverkan på organismer och miljön.

Även ämnenas nedbrytningsförmåga kan påverka deras förekomst i miljön, där samtliga studerade ämnen har visat sig vara relativt svårnedbrytbara i både naturliga miljöer och i avloppsreningsverk. Detta medför att en andel av ämnena kan transporteras vidare via avloppsvatten ut till akvatiska miljöer. Nedbrytningen kan också påverkas av vattnets kemi. Mineraliska UV-filter tros brytas ned snabbare i högre salthalter, vilket kan orsaka en potentiell skillnad mellan marina, bräckta och limniska miljöer.

Ytterligare en faktor som kan påverka förekomsten i miljön är lagstiftning kring högsta tillåtna koncentrationer av UV-filter i solskyddsprodukter. Genom att reglera den maximalt tillåtna koncentrationen UV-filter i solskyddsprodukter kan även utsläppen av UV-filter till miljön begränsas. Oxybenzon är lagligt i en maxkoncentration på 6% inom Europa men även USA, där extrema halter tidigare uppmätts (Turner & Torgerson 2025). Dessutom innehåller solskyddsprodukter

ofta en blandning av flera olika UV-filter för ett bättre skydd, vilket innebär att de enskilda UV-filtren inte nödvändigtvis förekommer i sin maximala tillåtna koncentration. De koncentrationer av UV-filter som förekommer i vattenmiljöer tycks därför generellt vara låga.

Vidare kan användnings- och appliceringsmetod påverka mängden utsläpp. Vanligtvis rekommenderas ett tunt men heltäckande lager över huden. Vid överapplicering kan solskyddsprodukter enklare lossna från huden vid kontakt med vatten. Det rekommenderas även att låta solskyddsprodukten absorberas in i huden under cirka 10–20 minuter innan vattenaktiviteter, eftersom direktkontakt strax efter applicering kan leda till att den lossnar från huden. Utöver detta kan solskyddsprodukter släppas ut i miljön vid appliceringen om den sker vid strandkanten i form av spill, där sprayer tenderar att bidra mer till utsläpp.

Dessa aspekter kan även vara relevanta för svenska vattenmiljöer, särskilt i områden med hög turism och vattenbaserade rekreationsaktiviteter i kombination med känsligare ekosystem eller slutna vattenmiljöer. Vid grundare vikar eller insjöar med begränsat vattenutbyte skulle lokala utsläpp kunna leda till högre koncentrationer av UV-filter, framför allt när ämnena kan vara svårnedbrytbara. Detta kan vara särskilt relevant i känsligare miljöer som Östersjön där den låga vattenomsättningen och det bräckta vattnet potentiellt kan påverka spridningen och nedbrytningen av UV-filter. Utöver detta är information om hur vanliga UV-filter är i solkrämer begränsad, vilket gör det svårt att uppskatta förekomst och påverkan av UV-filter i svenska vatten.

6.4 Potentiella effekter på ekosystemnivå

Majoriteten av studier gjorda på dessa UV-filter hävdar att ämnena är bioackumulerande och kan sprida sig högre upp i trofiska nivåer. Detta innebär att påverkan inte nödvändigtvis är begränsad till gröna mikroalger. Samtliga undersökta UV-filter har påträffats i flera organismgrupper utöver alger, där de också visat på negativa biologiska effekter. Däremot har orsaken till förekomsten inte fastställts om det främst beror på bioackumulering eller direktupptag. Detta tyder på att de beprövade UV-filtren har en negativ påverkan på flera organismer i olika trofiska nivåer, vilket kan leda till konsekvenser på ekosystemnivå.

Flera studier har undersökt UV-filtrens påverkan på akvatiska organismer som musslor och *Daphnia* varav båda har mikroalger som födokälla (IVL Svenska Miljöinstitutet 2026; Spetea Wiklund & Ekendahl 2021). Musslor har använts som indikatororganism för miljöföroreningar vid områden med hög rekreationsaktiviteter, där ett samband mellan miljökoncentrationer, ökade halter av UV-filter i musselvävnaden och rekreationsaktiviteter observerats. (National

Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022). Eftersom musslor filtrerar stora mängder vatten för att få i sig näring exponeras de kontinuerligt för partiklar och föroreningar som kan finnas i deras omgivande vatten. Deras ekologi som filtrerare och fastsittande organismer gör dem särskilt känsliga för miljöföroreningar, eftersom de dessutom inte kan förflytta sig från förorenade omgivningar (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022; Artdatabanken 2025b). Studier har visat att exponering för titandioxid kan orsaka försämringar i viktiga biologiska och immunologiska funktioner samt inducera oxidativ stress hos musslor (Sadhu et al. 2026).

Även *Daphnia*, de planktoniska hinnkräftorna som är en viktig födokälla för många fiskarter påverkas av UV-filter. Oktokrylen påverkade daphnians reproduktionsförmåga där koncentrationen utan observerad effekt var 2,66 µg/L, vilket vanligen överskrids i naturliga miljöer (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2022). Även immobilisering av *Daphnia* har observerats i vissa koncentrationer (Hund-Rinke & Simon 2006). Eftersom de fungerar som en länk mellan primärproducenter och högre trofiska nivåer, kan de bidra till en vidare spridning av UV-filter upp i näringskedjan (SLU Artdatabanken 2025b).

Sammanfattningsvis tyder detta på att det pågår en spridning av UV-filter till högre trofnivåer genom gröna mikroalger, samtidigt som direktupptag kan ske av flera olika organismgrupper. Känsligheten för UV-filter varierar dock mellan olika arter och organismer, där studier visat att vissa organismer uppvisar större känslighet än gröna mikroalger. Även organismer som har mikroalger som födokälla har visats påverkas negativt av UV-filter, vilket gör det relevant att undersöka effekterna på organismer som förekommer i svenska vatten, exempelvis hinnkräftor såsom *Daphnia* samt nyckelarter såsom blåmussla (*Mytilus edulis*), som dessutom är rödlistad i Sverige.

Sammantaget indikerar resultaten att UV-filter potentiellt kan utgöra ett större hot mot andra organismer, särskilt arter med större känslighet eller förmåga att ackumulera ämnena över tid. Trots att detta tyder på att det finns ekologiska risker så finns det fortfarande stort kunskapsbehov för att förstå omfattningen på ekosystemnivå.

6.5 Begränsningar och osäkerheter

Denna litteraturstudie är baserad på tidigare resultat och avgränsningen gjordes beroende på var litteratur fanns. Andelen studerade UV-filter var mycket begränsad i förhållande till andelen som används globalt. I dagsläget finns cirka 50 UV-filter globalt, varav 30 är godkända för användning inom EU och endast 16 är forskade på. Dessutom är den främsta forskningen kring dessa UV-filter inriktad på hälsorisker och i mindre utsträckning miljörisker. Detta resulterade i en avgränsning på oxybenzon och oktokrylen, två kemiska UV-filter som är omtalade på grund av deras miljöpåverkan.

De inkluderade studierna har utförts i laboratorieförhållanden, vilket kan skilja sig från naturliga akvatiska miljöer. Faktorer som salthalt, temperatur, ljusintensitet och andra föroreningar skulle kunna påverka UV-filtrens beteende som inte visas i laboratorium, vilket innebär att resultaten inte nödvändigtvis speglar verkliga ekologiska förhållanden. Ytterligare skillnader mellan dessa studier var vilka arter av mikroalger som studerades, samt variation i koncentrationer och exponerad tid. Detta försvårar en jämförelse i resultatet, eftersom känslighet mot UV-filter kan vara artspecifika.

Ytterligare en begränsning är att det finns en risk att samtliga relevanta forskningsstudier inte har identifierats och inkluderats i denna studie. Detta kan bero på val av sökord och databaser samt att all forskning inte nödvändigtvis publiceras. Detta kan i sin tur påverkat vilka studier som inkluderats i analysen och därmed även påverka litteraturstudiens slutliga resultat.

6.6 Framtida studier

Framtida studier behövs för att få en djupare förståelse som UV-filter kan ha på organismer och ekosystem i helhet. Detta inkluderar även spridning, transport, bioackumulering och biomagnifikation. Långsiktiga effekter är ytterligare ett perspektiv som är värt att beakta, samt interaktioner mellan fler arter och trofisk överföring. Det finns även behov av att inkludera fler UV-filter inom forskningen.

Vidare forskning om vilka koncentrationer av UV-filter som förekommer i svenska kustområden och sötvattensmiljöer samt hur svenska nyckelarter och ekosystem påverkas av exponeringen är nödvändigt för att fylla kunskapsluckorna. Även slutna system och känsligare miljöer som Östersjön är högst relevant.

7. Slutsats

Sammanfattningsvis har en negativ påverkan av oxybenzon, oktokrylen, zinkoxid och titandioxid identifierats på gröna mikroalger genom hämning av tillväxt och fotosyntes i koncentrationer gjorda i laboratoriestudier. Oxybenzon uppvisade effekter på grönalger vid lägst koncentrationer som studerats i jämförelse med de övriga ämnena som i vissa fall uppmätts i naturliga miljöer, vilket tyder på en potentiell högre miljörisk. Däremot visade de övriga ämnena en negativ effekt på mikroalger i koncentrationer högre än vad som i vissa fall uppmätts i naturliga miljöer. Vanligtvis förekommer koncentrationer av samtliga UV-filter i låga halter, runt ng/L- µg/L-nivåer. Oxybenzon uppmättes upp till 1,395 mg/L, oktokrylen > 100 µg/L, zinkoxid till cirka 1µg/L och titandioxid upp till cirka 103 µg/L. Effekterna som påverkade gröna mikroalger i laboratoriestudier observerades främst vid högre halter: oxybenzon från 22,8 ng/L, oktokrylen från 500 µg/L, zinkoxid från 0,05 mg/L och titandioxid från >1 mg/L.

Ämnena riskerar att spridas i ekosystem genom bioackumulering eller direkt upptag, och kan alltså sprida sig till organismer högre upp i näringsväven. Utsläpp av UV-filter och dess påverkan på miljön är ett relativt nytt forskningsområde, och mer forskning behövs för att öka förståelsen av deras effekter och komplexitet, särskilt i svenska miljöer.

Med vidare forskning kring UV-filter skulle nya bedömningar möjliggöras kring vilka UV-filter som potentiellt utgör störst risk för akvatiska ekosystem. Ökad kunskap om UV-filtrens spridning, transport, bioackumulation och biomagnifikation samt uppföljning av utsläpp vid badplatser och reningsverk skulle kunna leda till nya regleringar. Detta kan även medföra högre krav på konsumentinformation med införande av miljömärkningar på solskyddsprodukter. Även nya rekommendationer gällande användning av solskyddsprodukter kan tillkomma i syfte att minska mängden utsläpp.

Referenser

- Amin, N. och Erfan, M.A. (2025) "Environmental Fate and Toxicity of Zinc Oxide Nanoparticles in Aquatic Ecosystems: A Comprehensive Review", *Journal of Natural Science Review*, 3(1), s. 104–125. <https://doi.org/10.62810/jnsr.v3i1.103>
- Andersen, R. A., & Lewin, A. Y. (2026) *Algae - Photosynthesis, Pigments, Light* | Britannica (2026). <https://www.britannica.com/science/algae/Photosynthesis-and-light-absorbing-pigments> [2026-04-30]
- Bengtsson, B. (2023) *Allemansrätten: vad säger lagen?* Stockholm: Naturvårdsverket. [Allemansrätten – Vad säger lagen? ISBN 978-91-620-8902-3](https://www.naturvardsverket.se/Allmansratten-Vad-sager-lagen?ISBN=978-91-620-8902-3)
- Chatzigianni, M., Pavlou, P., Siamidi, A., Vlachou, M., Varvaresou, A. and Papageorgiou, S. (2022) "Environmental impacts due to the use of sunscreen products: a mini-review", *Ecotoxicology*, 31(9), s. 1331–1345. <https://doi.org/10.1007/s10646-022-02592-w>.
- Commission Regulation (EU) 2022/1176 of 7 July 2022 amending Regulation (EC) No 1223/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the use of certain UV filters in cosmetic products (Text with EEA relevance) (2022) OJ L. <http://data.europa.eu/eli/reg/2022/1176/oj>
- Duda, A., Mensah, M., Nungaray, E. and Olney, G. (2024) "Effects of Sunscreen Chemicals on Freshwater Algae", *IMSAlloquium Student Investigation Showcase* [Preprint]. https://digitalcommons.imsa.edu/sir_presentations/2024/session2/45 [2026-04-05]
- European Parliament and the Council of the European Union, (2009). *Regulation (EC) No 1223/2009 of 30 November 2009 on cosmetic products (recast)*. [EUR-Lex - 02009R1223-20250901 - EN - EUR-Lex](https://eur-lex.europa.eu/lexuris/ui/02009R1223-20250901-EN-EUR-Lex)
- Fagervold, S.K. och Lebaron, P. (2022) "Evaluation of the degradation capacity of WWTP sludge enrichment cultures towards several organic UV filters and the isolation of octocrylene-degrading microorganisms", *Science of The Total Environment*, 826, s. 154013. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154013>
- Florent, Y., Nemoto, M., Rowley, A., Villegas, M.I. och Pratt, V. (2024). *Dangers of oxybenzone in sunscreens on coral reefs: proposed policy approaches*. University of Pittsburgh, Department of Geology and Environmental Science, Environmental Studies Program. [Florent etal JPG 24-1.docx](#) [2026-04-10]
- Forskning om alger | Havet, Göteborgs universitet (2026) <https://www.gu.se/havet/forskning-om-havet/forskning-pagar/forskning-om-alger> [2026-03-31]
- Fysikaliska eller kemiska UV-filter i solkräm – Vad ska du välja? (utan årtal) Svanen. <https://www.svanen.se/artiklar/visste-du-att-det-finns-svanenmarkthudvard/fysikaliska-eller-kemiska-uv-filter-i-din-solkram/> [2026-04-09]

För och nackdelar kemiskt fysikaliskt uv-filter (utan årtal) Apoteket.

<https://www.apoteket.se/tema/sol/for-och-nackdelar-kemiskt-fysikaliskt-uv-filter/>
[2026-04-07]

- Gunawan, C., Sirimanoonphan, A., Teoh, W. Y., Marquis, C. P., & Amal, R. (2013) "Submicron and nano formulations of titanium dioxide and zinc oxide stimulate unique cellular toxicological responses in the green microalga *Chlamydomonas reinhardtii*", *Journal of Hazardous Materials*, 260, s. 984–992.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.06.067>.
- Hou, J., Wu, Y., Li, X., Wei, B., Li, S. and Wang, X. (2018) "Toxic effects of different types of zinc oxide nanoparticles on algae, plants, invertebrates, vertebrates and microorganisms", *Chemosphere*, 193, s. 852–860.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.11.077>
- Hu, J.-J., Pan, C.-G., Peng, F.-J., Liang, H., Liu, Z.-Z. and Yu, K. (2025) "An integrated multi-omics approach reveals octocrylene disrupts *Tetrademus obliquus* growth by triggering a cascade of photosynthetic inhibition and metabolic dysregulation", *Journal of Hazardous Materials*, 495, s. 139072.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.139072>
- Huang, Y., Law, J.C.-F., Lam, T.-K. and Leung, K.S.-Y. (2021) "Risks of organic UV filters: a review of environmental and human health concern studies", *Science of The Total Environment*, 755, s. 142486.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142486>
- Hund-Rinke, K. och Simon, M. (2006) "Ecotoxic Effect of Photocatalytic Active Nanoparticles (TiO₂) on Algae and Daphnids (8 pp)", *Environmental Science and Pollution Research*, 13(4), s. 225–232. <https://doi.org/10.1065/espr2006.06.311>
- Jeon, S.-K., Kim, E.-J., Lee, J. and Lee, S. (2016) "Potential risks of TiO₂ and ZnO nanoparticles released from sunscreens into outdoor swimming pools", *Journal of Hazardous Materials*, 317, s. 312–318.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.05.099>
- Jesus, A., Sousa, E., Cruz, M.T., Cidade, H., Sousa Lobo, J.M. and Almeida, I.F. (2022) "UV Filters: Challenges and Prospects", *Pharmaceuticals*, 15(3), s. 263.
<https://doi.org/10.3390/ph15030263>
- Merdzan, V., Domingos, R.F., Monteiro, C.E., Hadioui, M. and Wilkinson, K.J. (2014) "The effects of different coatings on zinc oxide nanoparticles and their influence on dissolution and bioaccumulation by the green alga, *C. reinhardtii*", *Science of The Total Environment*, 488–489, s. 316–324.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.04.094>
- de Miranda, L.L.R., Harvey, K.E., Ahmed, A. and Harvey, S.C. (2021) "UV-filter pollution: current concerns and future prospects", *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(12), s. 840. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09626-6>

- [Properties, Production and Potential Toxic Effects on Non-Target Aquatic Organisms](#) [2026-04-22]
- Sadiq, I.M., Dalai, S., Chandrasekaran, N. & Mukherjee, A. (2011) "Ecotoxicity study of titania (TiO₂) NPs on two microalgae species: *Scenedesmus* sp. and *Chlorella* sp.", *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74(5), s. 1180–1187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.03.006>.
- Sahoo, D. och Seckbach, J. (red.) (2015) *The Algae World*. Dordrecht: Springer Netherlands (Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology). <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7321-8>
- Sánchez-Quiles, D. och Tovar-Sánchez, A. (2015) "Are sunscreens a new environmental risk associated with coastal tourism?", *Environment International*, 83, s. 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.06.007>
- Schneider, S.L. och Lim, H.W. (2018) "A review of inorganic UV filters zinc oxide and titanium dioxide", *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 35(6), s. 442–446. <https://doi.org/10.1111/phpp.12439>
- SLU Artdatabanken – Alger - en fascinerande mångfald (2025a) <https://www.slu.se/artdatabanken/arter-och-natur/organismgrupper/alger/> [2026-03-30]
- SLU Artdatabanken – ett kunskapscentrum för arter och naturtyper (2025b): <https://www.slu.se/artdatabanken/> [2026-05-15]
- Spetea Wiklund, C. och Ekendahl (2021) *Havsutsikt, en tidskrift om havsmiljön och svensk havsforskning*. <https://www.havet.nu/havsutsikt/artikel/mikroalger> [2026-05-13]
- Suleiman, M., Schröder, C., Kuhn, M., Simon, A., Stahl, A., Frerichs, H. and Antranikian, G. (2019) "Microbial biofilm formation and degradation of octocrylene, a UV absorber found in sunscreen", *Communications Biology*, 2(1), s. 430. <https://doi.org/10.1038/s42003-019-0679-9>
- Så fungerar hud, naglar och hår (2024) 1177. <https://www.1177.se/liv--halsa/sa-fungerar-kroppen/huden/> [2026-03-30]
- Teoh, M.-L., Sanusi, N.S. och Wong, C.-Y. (2020) "Effects of the sunscreen ultraviolet filter, oxybenzone, on green microalgae". [Microsoft Word - 4- APS-2019-0041 final 20200430](#) [2026-04-15]
- Thallinger, D., Labille, J., Milinkovitch, T., Boudenne, J.-L., Loosli, F., Slomberg, D., Angeletti, B. and Lefrançois, C. (2023) "UV filter occurrence in beach water of the Mediterranean coast – A field survey over 2 years in Palavas-les-Flots, France", *International Journal of Cosmetic Science*, 45(S1), s. 67–83. <https://doi.org/10.1111/ics.12904>
- Thoré, E.S.J., Muylaert, K., Bertram, M.G. and Brodin, T. (2023) "Microalgae", *Current Biology*, 33(3), s. R91–R95. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.12.032>
- Turner, C.W. och Torgerson, L. (2025) "Modernizing U.S. Sunscreen Regulations: How Newer Filters Can Improve Public Health", *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine*, 41(5), s. e70032. <https://doi.org/10.1111/phpp.70032>

Vad äter musslor och ostron?(2026) Svenska miljöinstitutet <https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/vatten/vad-ater-musslor-och-ostron.html>

Zhong, X., Downs, C.A., Che, X., Zhang, Z., Li, Y., Liu, B., Li, Q., Li, Y. and Gao, H. (2019) "The toxicological effects of oxybenzone, an active ingredient in sunscreen personal care products, on prokaryotic alga *Arthrospira* sp. and eukaryotic alga *Chlorella* sp.", *Aquatic Toxicology*, 216, s. 105295.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105295>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

☒ JA, jag, Sofia Eliasson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta