

Opdatering af empirisk baserede tålegrænser

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 15. marts 2024 | 16



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Opdatering af empirisk baserede tålegrænser

Forfatter(e): Jesper Bak
Institution(er): Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Faglig kommentering: Morten Tune Strandberg
Kvalitetssikring, DCE: Jesper R. Fredshavn

Ekstern kommentering: Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her:
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2024/KommentarerN/N2024_16_komm.pdf

Rekvirent: Miljøstyrelsen

Bedes citeret: Bak, J. 2024. Opdatering af empirisk baserede tålegrænser. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 13 s. -- Fagligt notat nr. 2024|16

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Jesper Bak

Sideantal: 13

Indhold

1	Indledning	4
2	Baggrunden for - og anvendelsen af de empirisk baserede tålegrænser	5
3	Ændringer vedr. empirisk baserede tålegrænser fra 2011 til 2022	8
3.1	Ændringer for naturtyper	8
3.1.1	Naturtyper i kystegne og naturtyper med saltpåvirket (halofytisk) vegetation	8
3.1.2	Kyst- og indlandsklitter	8
3.1.3	Ferskvandsnaturtyper	9
3.1.4	Tempererede heder og krat, Sclerofylkrat	9
3.1.5	Naturlig og delvis naturlig græsvegetation	9
3.1.6	Høj- og lavmoser	10
3.1.7	Skove: (delvis) naturlig skovvegetation med hjemmehørende arter	10
3.2	Opdaterede tålegrænser	10
4	Referencer	13

1 Indledning

Miljøstyrelsen har d. 14/7 2023 bestilt et notat ved DCE, der opdaterer de empirisk baserede kvælstof-tålegrænser for danske naturtyper. Der er nyligt udkommet ny viden i en rapport fra UN-ECE "Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe" (Bobbink et. al, 2022). AU har i 2018 udarbejdet et lignende notat (Bak, 2018).

Der er i det ønskede notat behov for at "oversætte" data til danske forhold og Natura 2000-naturtyper og §3 områder. Det er ønsket, at notatet skal indeholde en kort redegørelse for baggrunden for - og anvendelsen af de empirisk baserede tålegrænser samt en beskrivelse af de ændringer, der i regi af UN-ECE er foretaget siden sidste opdatering.

På baggrund af dette ønskes en opdatering af tålegrænseintervallerne for danske naturtyper. Miljøstyrelsen har desuden ønsket, at variationen inden for de enkelte naturtyper (dels ift. undernaturtyper, dels ift. varierende naturkvalitet, herunder arealer med dårlig naturkvalitet) om muligt belyses og inddrages.

Det er ønsket at notatet kan bidrage til en opdatering af danske anbefalinger vedrørende empirisk baserede tålegrænser og indeholder et tabel-overblik.

2 Baggrunden for - og anvendelsen af de empirisk baserede tålegrænser

Tålegrænser blev udviklet i 1980'erne som en del af grundlaget for internationale aftaler om reduktion af grænseoverskridende luftforurening i regi af UNECE, Luftkonventionen¹. Fokus var dengang på skovdød og død af ferskvandsfisk, primært som følge af høje svovldepositioner. Den første tilgang til beregning af tålegrænser var ligevægtsbaserede massebalancemodeller, hvor ideen var at beregne et depositionsniveau, hvorunder kemiske kriterier for økosystemeffekter ikke ville overskrides på lang sigt (Nilsson & Grennfelt, 1988).

Det lykkedes gennem internationale aftaler at opnå en kraftig reduktion af svovldepositionen, og fokus for luftpolitikkerne skiftede op gennem 1990'erne til kvælstofeutrofiering, der blev erkendt som en væsentlig trussel for terrestrisk natur. Samtidig blev der nationalt og på EU-plan gennemført love og reguleringer mhp. naturbeskyttelse (fx Naturbeskyttelsesloven i Danmark og EU's Habitatdirektiv).

I første omgang blev massebalancebaserede tålegrænser videreudviklet til at omfatte effekter af kvælstofeutrofiering baseret på et kriterium for acceptabel nitratudvaskning. Dette giver god mening for beskyttelse af (produktions-) skov, hvor nitratudvaskning medfører tab af basekationer og dermed en negativ påvirkning af skovsundhed og tilvækst. Det er derimod sværere at relatere et kriterie for nitratudvaskning til negative effekter på naturlige og seminaturlige økosystemer. Der blev derfor i regi af Luftkonventionens effektgruppe udviklet et koncept for empirisk baserede tålegrænser for kvælstof.

Empirisk baserede tålegrænser er baseret på publicerede studier, der kobler atmosfærisk deposition eller kvælstoftilførsel med ændringer i tilstand målt på et spektrum af forskellige indikatorer og, hvor det er muligt, beregninger med velvaliderede jordkemi- og plantekonkurrencemodeller. Resultaterne fra de anvendelige, publicerede studier er aggregeret som tålegrænseintervaller for EUNIS² naturtyper, hvor intervallerne dækker variation i følsomhed baseret på de tilgængelige studier og/eller ekspertvurdering.

Empirisk baserede tålegrænser har begrænsninger, dels fordi de fleste publicerede studier er baseret på data for en kort periode, dels fordi der ikke kan påvises effekter under niveauet for baggrundsbelastning, og fordi det er vanskeligt at adskille effekter af nuværende og tidligere belastning og effekter af ændret forvaltning. Der er derfor sideløbende i Luftkonventionens effektgruppe sket en udvikling af tålegrænser målrettet beskyttelse af biodiversitet. Disse er baseret på påvirkning af habitattypiske arter for de enkelte naturtyper beregnet med koblede jordkemi-, plantekonkurrence- og planteforekomstmodeller (se fx (Bak, 2013)).

Der sker, som en del af det videnskabelige arbejde i Luftkonventionens effektgruppe, en løbende udvikling af både de massebalancebaserede-, og

¹ <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>

² EU's system til naturtypeklassificering, der anvendes af UNECE og de fleste europæiske lande. En tidlig udgave af systemet dannede udgangspunkt for beskrivelsen af Bilag1 naturtyperne i habitatdirektivet

empiriske tålegrænser og tålegrænser målrettet beskyttelse af biodiversitet. De seneste anbefalinger indarbejdes i den såkaldte 'kortlægningsmanual'³.

Da de empirisk baserede tålegrænser er baseret på publicerede studier, foretages der kun opdateringer med intervaller på 5 - 10 år. Proceduren ved opdatering af de empiriske tålegrænseintervaller i kortlægningsmanualen er, at der udarbejdes en baggrundsrapport, hvor den nyeste viden fra publicerede studier opsummeres. Resultaterne diskuteres på en åben, videnskabelig workshop, hvorefter Luftkonventionens effektgruppe beslutter, om anbefalingerne skal indarbejdes i kortlægningsmanualen. De seneste større opdateringer har været i 2005, 2011 og 2022 (seneste baggrundsrapporter (Bobbink et al. 2022), (Bobbink and Hetteling, 2011)).

Til brug som grundlag for europæiske politikker har der været anvendt et koncept kaldet en 'ensemble vurdering', der er en risikovurdering baseret på flere metoder. Tålegrænser anvendes imidlertid også til risiko- og konsekvensvurderinger ifm. nationale og europæiske naturpolitikker. Her har især de empirisk baserede tålegrænser fundet anvendelse (Hicks, Bealey and Sutton, 2000)(Reinds, et al., 2019). I Danmark bruges de empirisk baserede tålegrænser ifm. godkendelsessager for ammoniakbelastning af kategori 3 natur.

I det tidligere notat vedr. opdatering af empirisk baserede tålegrænser (Bak, 2018) er der givet en kort diskussion af mulighederne for at differentiere indenfor de forholdsvis brede intervaller for empiriske tålegrænser for de enkelte naturtyper, der som beskrevet ikke er usikkerhedsintervaller, men et udtryk for variation indenfor typen. En væsentlig konklusion er, at det ikke er muligt at anvende tilstandsvurderings-systemets naturtilstandsklasser eller undertyper af § 3 naturtyperne til at udpege § 3-beskyttede heder, moser og overdrev, der i mindre grad er ammoniakfølsomme og at det vil være nødvendigt at foretage en konkret vurdering for de enkelte områder (Nygaard, Bak and Ejrnæs, 2015).

Der er to hovedproblemstillinger for § 3 natur. For § 3 natur, hvor mere intensiv drift inkl. gødningsanvendelse i perioder har været tilladt, kan nogle arealer falde udenfor de EUNIS naturtyper, hvor der er fastsat en tålegrænse. På den anden side er den lave ende af de empirisk baserede tålegrænser for nogle naturtyper fastsat med baggrund i effekter på særligt følsomme arter. Hvor disse ikke findes, eller har en historik på området, bør dette indgå i en konkret vurdering. For Habitat-natur er problemstillingen en lidt anden, idet der ikke er sikkerhed for, at de empirisk baserede tålegrænser vil sikre beskyttelse af alle habitattypiske arter. Derfor har tålegrænser målrettet beskyttelse af biodiversitet været anvendt til konsekvensvurdering for Natura 2000 arealer i Danmark (Bak, 2016).

Det er ikke kun de empirisk baserede tålegrænser, der opdateres over tid i lyset af den videnskabelige udvikling, det gælder også de massebalancebaserede tålegrænser og modelberegnete tålegrænser målrettet beskyttelse af biodiversitet. Traditionelt har de massebalancebaserede tålegrænser været lavest og (specielt den høje ende af) de empirisk baserede tålegrænser har været væsentligt højere, medens modelberegnete tålegrænser for biodiversitet har ligget imellem. Dette skyldes både de forskellige endemål, men også en forskel

³ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/109_2023_texte_manual_on_methodologies_and_criteria_for_modeling_and_mapping_critical_loads_.pdf

i tidsskala. Hvor de empirisk baserede tålegrænser har en tidsskala svarende til tidsskalaen for forsøg eller overvågning og dermed typisk er mindre end 10 år, er tidsskalaen for massebalancebaserede tålegrænser århundreder. Tidsskalaen for tålegrænser målrettet beskyttelse af biodiversitet, der er baseret på en blanding af mekanistiske og empiriske modeller, ligger på to - tre årtier. (Hettelingh *et al.*, 2017)

Med de seneste opdateringer af de forskellige tålegrænser kan der imidlertid ses en konvergering af niveauerne. Dette skyldes til dels, at der ved fastsættelse af elementerne i massebalanceberegningen har været anvendt et forsigtighedsprincip, hvorfor mere og bedre viden kan lede til mindre forsigtighed og dermed en højere beregnet tålegrænse. Omvendt har tilgængeligheden af flere og bedre publicerede studier og længere tidsserier typisk ført til en revision af de empirisk baserede tålegrænser i nedadgående retning.

En anden væsentlig udvikling er, at anvendelsen af mekanistiske plantekonkurrencemodeller til fastsættelse af empirisk baserede tålegrænser for specielt naturtyper med langsigtede dynamikker, fx heder, også har medvirket til at differentiere tålegrænser baseret på kvælstoffjernelsen ved naturpleje. Det samme princip kunne udstrækkes til andre drift- / plejekrævende naturtyper, men det er dog ikke sket ved denne revision af de empirisk baserede tålegrænser. De konkrete ændringer og baggrunden herfor er nærmere beskrevet i afsnit 3.

3 Ændringer vedr. empirisk baserede tålegrænser fra 2011 til 2022

Der er i alt 38 danske naturtyper på Habitatdirektivets bilag 1, hvor der har kunnet fastsættes empirisk baserede tålegrænser. For disse er tålegrænserne ændret for 26 naturtyper ved revisionen i 2022 (Bobbink et al. 2022). For 17 naturtyper er den nedre tålegrænse sænket. Den øvre tålegrænse er sænket for 20 naturtyper; og for 13 naturtyper er både den øvre og nedre grænse sænket. Ved den tidligere revision var forskellen mellem den øvre og nedre grænse i de fleste tilfælde $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. For de reviderede tålegrænser er intervallerne i flere tilfælde reduceret, oftest til 5 kg , så det gennemsnitlige interval for de reviderede tålegrænser er $8,1 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ mod $9,3 \text{ kg}$ for de samme naturtyper ved sidste revision.

3.1 Ændringer for naturtyper

3.1.1 Naturtyper i kystegne og naturtyper med saltpåvirket (halofytisk) vegetation

Der er ved opdateringen sket en reduktion af tålegrænseintervallet fra $30\text{-}40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ til $20\text{-}30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for naturtyperne 1310 (Vegetation af kveler eller andre enårige strandplanter, der koloniserer mudder og sand) og 1320 (Vadegræssamfund). For 1330 (Strandenge) er tålegrænseintervallet reduceret fra $30\text{-}40 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ til $10\text{-}20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Opdateringen er baseret på to gradientstudier og ekspertvurdering. Den nedre grænse på $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ er gennemsnittet af anbefalingerne fra de to studier: $5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Aherne et al., 2020) og $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Wamelink et al., 2021). Den øvre grænse repræsenterer den maksimale værdi foreslået af Wamelink et al. (2021). Der vil fremover være behov for flere studier med lav N-tilførsel.

3.1.2 Kyst- og indlandsklitter

For kyst- og indlandsklitter er der sket en reduktion i tålegrænseinterval for 6 naturtyper, 2130 (Stabile kystklitter med urteagtig vegetation), 2140 (Kystklitter med dværgbuskvegetation), 2190 (Fugtige klitlavninger), 2310 (Indlandsklitter med lyng og visse), 2320 (Indlandsklitter med lyng og revling) og 2330 (Indlandsklitter med åbne græsarealer med sandskæg og hvene). Opdateringen er baseret på en række nye publicerede gradient- og tilførselsstudier, hvorfor også pålideligheden er blevet opdateret⁴.

De tidligere intervaller lå for 2140, 2190, 2310, 2320 og 2330 på $10\text{-}20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. medens intervallet for 2130 var $8\text{-}15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Ved revisionen er tålegrænseintervallerne sænket til $5\text{-}15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for alle naturtyperne undtagen 2140 (klithede) hvor tålegrænseintervallet er $10\text{-}15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Opdateringen er primært baseret på et enkelt veludvalgt tilførselseksperiment, der viste en klar effekt over $14 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

⁴ Bobbink et al. 2022, side 82-83

3.1.3 Ferskvandsnaturtyper

For ferskvandstyperne er tålegrænseintervallerne for 3110 (Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer)) og 3130 (Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden) reduceret fra et interval mellem 5-10 kg N ha⁻¹ år⁻¹ til 2-10 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Opdateringen er baseret på en række studier, der har vist øget algeproduktion og et skift i næringsbe- grænsning for fytoplankton ved meget lave N niveauer⁵. I realiteten kan den nedre grænse ikke kendes, fordi det ville kræve data fra områder med en bag- grundsbetlastning under 2 kg N ha⁻¹ år⁻¹. De laveste værdier er fundet for søer i boreale områder. I Danmark forventes de laveste værdier at være omkring 5 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

3.1.4 Tempererede heder og krat, Sclerofylkrat

Tålegrænseintervallerne for 4010 (Våde dværgbusksamfund med klokkeling) og 4030 (Tørre dværgbusksamfund (heder)) er ved revisionen reduceret fra 10-20 kg N ha⁻¹ år⁻¹ til 5-15 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Tålegrænseintervallerne er fastsat ved anvendelse af mekanistiske konkurrencemodeller, der har været udviklet og valideret siden 1980'erne. Tålegrænsen for hede afhænger af kvælstoffjernelsen med naturpleje (Power et al., 2001). Der er ved opdateringen givet den vejledning, at den lave ende af intervallet kan anvendes, hvor kvælstoffjernelsen med naturpleje er lille (2-5 kg N ha⁻¹ år⁻¹), medens højere værdier kan anvendes, hvor kvælstoffjernelsen er større⁶ (op til 10 kg N ha⁻¹ år⁻¹). De nye værdier er dermed i bedre overensstemmelse med massebalancebaserede tålegrænser, hvor den samlede kvælstoffjernelse med andre processer end drift / pleje ligger omkring 5 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

For 5130 (Enekrat på heder, overdrev eller skrænter) er tålegrænseintervallet reduceret fra 15-25 kg N ha⁻¹ år⁻¹ til 5-15 kg N ha⁻¹ år⁻¹ og er dermed på niveau med de øvrige typer af indlandshede.

3.1.5 Naturlig og delvis naturlig græsvegetation

Tålegrænseintervallet for 6120 (Meget tør overdrevs- eller skræntvegetation på kalkholdigt sand) er ved revisionen sænket fra 15-25 kg N ha⁻¹ år⁻¹ til 5-15 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Tålegrænseintervallerne for 6210 (Overdrev og krat på mere eller mindre kalkholdig bund) og 6230 (Artsrige overdrev på mere eller mindre sur bund) er samtidig sænket fra 15-25 kg N ha⁻¹ år⁻¹ til 10-20 N ha⁻¹ år⁻¹ for 6210 og fra 10-15 N ha⁻¹ år⁻¹ til 6-10 N ha⁻¹ år⁻¹ for 6230.

Opdateringen er baseret på en række nye gradient- og tilførselsstudier, der bl.a. har vist tilbagegang af laver og forøget biomasseproduktion ved lave N-niveauer⁷.

⁵ Bobbink et. al., 2022, side 109 - 115.

⁶ Bobbink et. al., 2022, side 215 - 223.

⁷ Bobbink et. al., 2022, side 162 - 179.

3.1.6 Høj- og lavmoser

Den nedre grænse i intervallet for 7140 (Hængesæk og andre kærsamfund dannet flydende i vand) er ved revisionen sænket fra 10 til 5 kg N ha⁻¹ år⁻¹, så intervallet nu er 5-15 kg N ha⁻¹ år⁻¹ mod tidligere 10-15 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Samtidig er den øvre grænse for 7230 (Rigkær) reduceret fra 30 til 25 kg N ha⁻¹ år⁻¹, så intervallet nu er 15-25 kg N ha⁻¹ år⁻¹ mod tidligere 15-30 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Der har været et begrænset antal nye tilførselsstudier, men et større antal gradientstudier. Datagrundlaget er begrænset, primært er der påvist forøget vækst af siv-arter og karplanter, og tilbagegang af mosser.

3.1.7 Skove: (delvis) naturlig skovvegetation med hjemmehørende arter

Ved den seneste revision havde de syv skovtyper et tålegrænseinterval på 10-20 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Ved den nye revision er den lave ende af tålegrænseintervallet øget til 15 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for 9160 (Egeskove og blandskove på mere eller mindre rig jordbund) og 9170 (Vinteregeskove i østlige (subkontinentale) egne). Tålegrænseintervallerne er dermed 15-20 kg N ha⁻¹ år⁻¹ mod tidligere 10-20 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

For de øvrige 5 skovtyper er den øvre tålegrænse reduceret fra 20 til 15 kg N ha⁻¹ år⁻¹, så intervallet nu er 10-15 kg N ha⁻¹ år⁻¹ mod tidligere 10-20 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Dette gælder 9110 og 9120 (Bøgeskove på morbund med og uden kristorn), samt 9130 (Bøgeskove på muldbund), 9150 (Bøgeskove på kalkbund) og 9190 (Stilkegeskove og -krat på mager sur bund). Opdateringen er primært baseret på studier, der har vist ændringer i underskogsvegetation og mykorrhiza, næringsstofbalancer og ændringer i jordfauna.

3.2 Opdaterede tålegrænser

De opdaterede tålegrænser og ændringerne fra 2005 og 2011 er gengivet i tabel 1.

Tabel 1. Danske habitatnaturtyper med empirisk baserede tålegrænser. Tabellen viser anbefalede værdier ved revisionen i hhv. 2005, 2011 og 2022 (Bobbink et al., 2022), Bak (2018). Troværdigheden er angivet som ##: pålidelig, # nogenlunde pålidelig og (#): ekspertvurdering. Sondringen er baseret på kvantiteten og kvaliteten af tilgængelige studier. Ekspertvurdering anvendes fx, hvor der er sket overførsel af information fra lignende naturtyper.

For baggrundsinformation se: https://www.umweltbundesamt.de/en/Coordination_Centre_for_Effects

		2005	2011	2022
1	Naturtyper i kystegne og naturtyper med saltpåvirket (halofytisk) vegetation			
11	Havvand og tidevandsafhængige naturtyper			
1110	Sandbanker med lavvandet vedvarende dække af havvand	1		
1130	Flodmundinger	30-40		
1140	Mudder- og sandflader blottet ved ebbe	1		
1150	* Kystlaguner og strandsøer	30-40		
1160	Større lavvandede bugter og vige	30-40		
1170	Rev	1		
1180	Boblerev	1		
12	Havklinter og stenede strande			
1210	Enårig vegetation på stenede strandvolde	1		
1220	Flerårig vegetation på stenede strande	1		
1230	Klinter eller klipper ved kysten	15-25		

13 Atlantiske og kontinentale strandenge og marskområder				
1310	Vegetation af kveller eller andre enårige strandplanter, der koloniserer mudder og sand	30-40	20-30	(#)
1320	Vadegræssamfund	30-40	20-30	(#)
1330	Strandenge	30-40	10-20	(#)
1340	* Indlands saltenge	30-40		
2 Kyst- og indlandsklitter				
21 Kystklitter langs Atlanterhavs- Nordsø- og Østersøkysterne				
2110	Forstrand og begyndende kliddannelser	10-20 ²	10-20 ²	#
2120	Hvide klitter og vandremiler	10-20 ²	10-20 ²	#
2130	* Stabile kystklitter med urteagtig vegetation (grå klit og grønsværklit)	10-20 ²	8-15 ²	5-15 ² ##
2140	* Kystklitter med dværgbuskvegetation (klithede)	10-20 ²	10-15 ²	#
2160	Kystklitter med havtorn	10-20 ²		
2170	Kystklitter med gråris	10-20 ²		
2180	Kystklitter med selvsåede bestande af hjemmehørende træarter	10-20 ²		
2190	Fugtige klitlavninger	10-25 ⁴	10-20 ⁴	5-15 ⁴ #
22 Kystklitter langs Middelhavskysterne				
2250	* Kystklitter med enebær	10-20 ²		
23 Indlandsklitter, som er gamle og kalkfattige				
2310	Indlandsklitter med lyng og visse	10-20 ²	5-15 ²	##
2320	Indlandsklitter med lyng og revling	10-20 ²	5-15 ²	##
2330	Indlandsklitter med åbne græsarealer med sandskæg og hvene	10-20 ²	5-15 ²	(#)
3 Ferskvandsnaturtyper				
31 Søer og vandhuller				
3110	Kalk- og næringsfattige søer og vandhuller (lobeliesøer)	5-10	2-10 ^{13,14}	##
3130	Ret næringsfattige søer og vandhuller med små amfibiske planter ved bredden	5-10	2-10 ^{13,14}	##
3140	Kalkrige søer og vandhuller med kransnålalger	5-10		
3150	Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks	¹⁰	¹⁰	
3160	Brunvandede søer og vandhuller	5-10	5-10 ¹⁴	(#)
32 Vandløb - vandløbsstrækninger med naturlig eller delvis naturlig dynamik (små, mellemstore og store flodsenge), hvor vandkvaliteten ikke udviser betydelige forringelser				
3260	Vandløb med vandplanter	¹		
3270	Vandløb med tidvis blottet mudder med enårige planter	¹		
40 Tempererede heder og krat				
4010	Våde dværgbusksamfund med klokkelyg	10-25	10-20	5-15 ¹² ##
4030	Tørre dværgbusksamfund (heder)	10-20		5-15 ¹² ##
5 Sclerofylkrat (Matorrals)				
51 Submediterrane og tempererede krat				
5130	Enekrat på heder, overdrev eller skrænter	15-25 ⁵	5-15	(#)
6 Naturlig og delvis naturlig græsvegetation				
61 Naturlig græsvegetation				
6120	* Meget tør overdrevs- eller skræntvegetation på kalkholdigt sand	15-25	5-15	(#)
62 Delvis naturlig tør græs- og krat-vegetation				
6210	Overdrev og krat på mere eller mindre kalkholdig bund (* vigtige orkidé-lokaliteter)	15-25	10-20	##
6230	* Artsrige overdrev eller græsheder på mere eller mindre sur bund	10-20	10-15	6-10 ##
64 Delvis naturlige fugtige enge med høj urtevegetation				
6410	Tidvis våde enge på mager eller kalkrig bund ofte med blåtop	15-25		
6430	Bræmmer med høje urter langs vandløb eller skyggende skovbryn	¹		
7 Høj- og lavmoser				

71 <i>Sure moser med tørvemoser</i>				
7110	* Aktive højmoser	5-10	5-10	##
7120	Nedbrudte højmoser med mulighed for naturlig gendannelse	5-10		
7140	Hængesæk og andre kærsamfund dannet flydende i vand	10-15 ^{3,6}	5-15 ^{3,6}	##
7150	Plantesafløb med næbfrø, soldug eller ulvefod på vådt sand eller blottet tørv	10-15 ^{3,6}		
72 <i>Kalkrige lavmoser</i>				
7210	* Kalkrige moser og sumpe med hvas avneknippe	15-25		
7220	* Kilder og væld med kalkholdigt (hårdt) vand	15-25 ⁷		
7230	Rigkær	15-25 ³	15-30 ^{3,11}	15-25 ^{3,11} #
8 <i>Klipper og huler</i>				
82 <i>Vegetation i sprækker på klippe- skråninger</i>				
8220	Indlandsklipper af kalkfattige bjergarter	10-15 ⁸		
8230	Indlandsklipper af kalkfattige bjergarter med pionerplantesafløb	10-15 ⁸		
83 <i>Andre naturtyper i klipper</i>				
8330	Havgrotter der står helt eller delvis under vand		1	
9	Skove: (Delvis) naturlig skovvegetation med hjemmehørende arter, som danner højskov med typisk underskov og som opfylder følgende kriterier: Sjælden eller oprindelig og/eller med arter af fællesskabsbetydning			
91 <i>Skove i det tempererede Europa</i>				
9110	Bøgeskove på morbund uden kristtorn	10-20 ^{2,9}	10-15 ^{2,9}	(#)
9120	Bøgeskove på morbund med kristtorn	10-20 ^{2,9}	10-15 ^{2,9}	(#)
9130	Bøgeskove på muldbund	10-20 ^{2,9}	10-15 ^{2,9}	(#)
9150	Bøgeskove på kalkbund	10-20 ^{2,9}	10-15 ^{2,9}	(#)
9160	Egeskove og blandeskove på mere eller mindre rig jordbund	10-20 ^{2,9}	15-20 ^{2,9}	(#)
9170	Vinteregeskove i østlige (subkontinentale) egne	10-20 ^{2,9}	15-20 ^{2,9}	(#)
9190	Stilkegeskove og -krat på mager sur bund	10-20 ^{2,9}	10-15 ^{2,9}	(#)
91D0	* Skovbevoksede tørvemoser	10-20 ^{2,9}	10-15 ^{2,9}	
91E0	* Elle- og askeskove ved vandløb, søer og væld	10-20 ^{2,9}		

¹ Tålegrænsen for atmosfærisk belastning er ikke relevant, idet naturtyperne er naturligt kvælstofrige, ufølsomme for atmosfærisk tilførsel, eller forventes at modtage det største bidrag fra andre kilder, fx grundvand eller overfladenær afstrømning.

² Hvor der er en væsentlig forekomst af følsomme laver på lokaliteten, der ønskes beskyttet, kan en koncentrationsgrænse på 1 µg m⁻³ som årligt gennemsnit anvendes.

³ Tålegrænsen for højmoser (5 – 10 kg N ha⁻¹år⁻¹) kan anvendes hvis en væsentlig forekomst af følsomme højmoserarter på lokaliteten ønskes beskyttet.

⁴ Tålegrænsen for Oligotrofe søer (5 – 10 kg N ha⁻¹år⁻¹) benyttes for småsøer i klitlavninger.

⁵ Tålegrænsen for heder (10 – 20 kg N ha⁻¹år⁻¹) anvendes, hvis dværgbuske (lyng mv.) er hyppige.

⁶ Naturtypen er en delmængde af den bredere naturtype fattigkær, der har tålegrænse i intervallet 10 – 20 kg N ha⁻¹år⁻¹

⁷ Naturtypen omfatter også Palludellavæld, der forventes at have tålegrænser i den lave ende af intervallet.

⁸ Baseret på tålegrænsen for laver.

⁹ Massebalancebaserede tålegrænser, der beskytter den langsigtede stabilitet kan være væsentligt lavere, ned til 7 kg N ha⁻¹år⁻¹. Eksempler på beregning kan findes i Skov og Naturstyrelsen (2003)

¹⁰ Mange søer og vandhuller er eutrofieret som følge af næringstilførsel fra andre kilder. For de rene, ikke eutrofierede søer af type 3150 kan tålegrænsen for de øvrige søtyper på 5-10 kg N ha⁻¹år⁻¹ bruges, hvis søen er kvælstofbegrænset.

¹¹ Den høje ende af intervallet er næppe anvendelig for danske forekomster.

¹² Værdien afhænger af kvælstoffjernelse ved naturpleje

¹³ De laveste værdier er for boreale områder. For søer i den atlantiske region kan en nedre grænse på 5 anvendes.

¹⁴ Værdierne bør kun anvendes på vand med lav alkalinitet og uden væsentlige landbrugsmæssige eller andre direkte menneskelige input.

4 Referencer

Aherne, J., Wilkins, C. and Cathcart, H. (2020). Nitrogen-sulphur critical loads: assessment of the impacts of air pollution on habitats (2016-CCRP-MS.43). EPA research report, Wexford, Ireland.

Bak, J. (2016) 'Miljøkonsekvensvurdering af regulering vedr. ammoniak i foreslået ny husdyrrealregulering'.

Bak, J. L. (2013) Tålegrænser for dansk natur, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi. Available at: <http://dce2.au.dk/pub/SR69.pdf>.

Bak, J. L. (2018) 'Opdatering af empirisk baserede tålegrænser', (september), p. 11.

Bobbink, R. and Hettelingh, J. P. (2011) 'Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout, 23-25 June 2010'.

Bobbink, R., Loran, C. and Tomassen, H. (2022a) 'Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe', p. 358.

Bobbink, R., Loran, C. and Tomassen, H. (2022b) 'Review and revision of empirical critical loads of nitrogen.

Hettelingh, J.-P. et al. (2017) 'V. Mapping Critical Loads for Ecosystems', pp. 1-116. Available at: www.icpmapping.org.

Hicks, W. K., Bealey, W. J. and Sutton, M. a (2000) Nitrogen Deposition and Natura 2000.

Nygaard, B., Bak, J. L. and Ejrnæs, R. (2015) 'Vurdering af ammoniakfølsom natur i relation til husdyrregulering', (september).

Power, S.A., Barker, C.G., Allchin, E.A., Ashmore, M.R. and Bell, J.N.B. (2001). Habitat management - a tool to modify ecosystem impacts of nitrogen deposition? *Scientific World Journal*, 1 Suppl 2, 714-721.

Reinds, G.J., Bak, J., Bouil, L., Scheuschner, T., Schaap, M., Hendriks, C., Hall, J., R., E., Bealey, B., Braban, C., Dore, T., Banin, L., Smith, R., Dragosits, U., Vieno, M., Smits, N. and Kros, H. & Wamelink, W. (2019) Ammonia Regulations in Northern Europe. Summary of policies and practises in France, Germany, the United Kingdom, the Netherlands and Denmark. DCE - Danish Centre for Environment and Energy,. doi: <https://dce2.au.dk/pub/SR321.pdf>.

Nilsson, J. & Grennfelt, P. (Eds) (1988) Critical loads for sulphur and nitrogen. UNECE/Nordic Council workshop report, Skokloster, Sweden. March 1988. Nordic Council of Ministers: Copenhagen.

Wamelink, G.W.W., Goedhart, P.W., Roelofsen, H.D., Bobbink, R., Posch, M., Van Dobben, H.F. and Data providers (2021). Relations between the amount of nitrogen deposition and habitat quality. Wageningen, Wageningen Environmental Research Rapport 3089; ISSN 1566-7197.