

# Rhaglen Monitro a Modelu Materion Gwledig a'r Amgylchedd (ERAMMP)

## Adroddiad 77 ERAMMP: Targed Ansawdd Aer i Ecosystemau Cymru

Rowe, E.C, a Perring, M.P.

Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU

Cyfeirnod Cleient Llywodraeth Cymru / Contract C210/2016/2017

Fersiwn 1.0.2

Dyddiad: 15 Medi 2023



**Wedi'i Ariannu gan:**



Llywodraeth Cymru  
Welsh Government



Canolfan Ecoleg  
a Hydroleg y DU  
UK Centre for  
Ecology & Hydrology

**Hanes y Fersiwn**

<b>Fersiwn</b>	<b>Diweddarwyd gan</b>	<b>Dyddiad</b>	<b>Newidiadau</b>
1.0.0	Tîm o Awduron	21/06/2023	Cyhoeddiad
1.0.1	Tîm o Awduron	22/06/2023	Cywiro gwall teipograffyddol
1.0.2	Tîm o Awduron	15/09/2023	Cywiro gwall teipograffyddol

Mae'r adroddiad hwn ar gael yn electronig yma / This report is available electronically at: [www.erammp.wales/77](http://www.erammp.wales/77)

Neu trwy sganio'r cod QR a ddangosir / Or by scanning the QR code shown.



**Mae'r ddogfen yma hefyd ar gael yn Saesneg / This document is also available in English**

<b>Cyfres</b>	Rhaglen Monitro a Modelu Materion Gwledig a'r Amgylchedd (ERAMMP)
<b>Teitl</b>	Adroddiad 77 ERAMMP: Targed Ansawdd Aer i Ecosystemau Cymru
<b>Cleient</b>	Llywodraeth Cymru
<b>Cyfeirnod y Cleient</b>	C210/2016/2017
<b>Cyfrinachedd, hawlfraint ac ailgynhyrchu</b>	© Hawlfraint y Goron 2023. Mae'r adroddiad hwn wedi'i drwyddedu o dan y Drwydded Llywodraeth Agored 3.0
<b>Manylion cyswllt Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU (UKCEH)</b>	Bronwen Williams. Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU (UKCEH) Canolfan yr Amgylchedd Cymru, Heol Deiniol, Bangor, Gwynedd, LL57 2UW 01248 374500 erammp@ceh.ac.uk
<b>Awdur cyfatebol</b>	Ed Rowe ecro@email.co.uk
<b>Awduron</b>	Ed Rowe a Michael Perring  Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU
<b>Awduron ac adolygwyr sy'n cyfrannu</b>	Mae Llywodraeth Cymru yn chwilio am gyngor annibynnol ac arbenigol ar yr angen am darged (neu dargedau) ansawdd aer newydd yng Nghymru i adlewyrchu pwysau ac effeithiau llygredd aer ar fioamrywiaeth ac ecosystemau. Pan nodir bod angen digonol, mae Llywodraeth Cymru yn chwilio am argymhellion ar y ffurf y dylai'r targed(dau) ei chymryd a sut y dylid asesu cydymffurfiaeth. Mae'r ddogfen hon yn trafod yr angen am darged drwy ystyried effeithiau llygredd aer ar fioamrywiaeth ac ecosystemau a'r cyd-destun polisi cenedlaethol a rhyngwladol ehangach. Mae'n adolygu opsiynau posib ar gyfer sail y targed, h.y. Beth yw'r metrig mwyaf perthnasol. Byddai angen modelu senarios er mwyn pennu gwerth metrig targed priodol a dyddiad cyflawni. Llywiwyd y drafodaeth gan aelodau o is-grŵp a grëwyd at y diben hwn, fel a nodir isod.  Khalid Aazem <sup>1</sup> , Susan Zappala <sup>1</sup> , Jiping Shi <sup>2</sup> , Sam Bosanquet <sup>2</sup> , Simon Bareham <sup>2</sup> , Ed Rowe <sup>3</sup> , Mike Perring <sup>3</sup> , Simon Smart <sup>3</sup> , Ulli Dragosits <sup>3</sup> , Massimo Vieno <sup>3</sup> , Dai Harris <sup>4</sup> , Roger Herbert <sup>4</sup> , Steve Spode <sup>4</sup> , Polina Cowley <sup>4</sup> , Owen Hughes <sup>4</sup>  <sup>1</sup> Cyd-bwyllgor Cadwraeth Natur, <sup>2</sup> Cyfoeth Naturiol Cymru, <sup>3</sup> Canolfan y DU ar gyfer Ecoleg a Hydroleg, <sup>4</sup> Llywodraeth Cymru
<b>Sut i ddyfynnu (dyfyniadau hir)</b>	Rowe, E.C, a Perring, M.P. (2023). <i>Rhaglen Modelu a Monitro Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP)</i> . Adroddiad 77 ERAMMP: Targed Ansawdd Aer i Ecosystemau Cymru. Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017)(Prosiect Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU 06297)
<b>Sut i ddyfynnu (byr)</b>	Rowe, E.C, a Perring, M.P. (2023). Adroddiad 77 ERAMMP: Targed Ansawdd Aer i Ecosystemau Cymru. Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017)(UKCEH 06297)
<b>Cymeradwywyd gan</b>	James Skates (Llywodraeth Cymru) Bridget Emmett (Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU)

### Byrfoddau a Ddefnyddir yn yr Adroddiad hwn

CAAP	Panel Ymgynghori ar Aer Glân
CBD	Confensiwn ar Amrywiaeth Fiolegol
CLnutN	Llwythau Critigol ar gyfer Nitrogen Maethol
ADd	Gweinyddiaeth Ddatganoledig
ICP Vegetation	Rhaglen Gydweithredol Ryngwladol ar Effeithiau Llygredd Aer ar Lystyfiant Naturiol a Chnydau
CNC	Cyfoeth Naturiol Cymru
POD	Dos Oson Llyswenwynol
ACA	Ardaloedd Cadwraeth Arbennig
AGA	Ardal Gwarchodaeth Arbennig
SoDdGA	Safle o Ddiddordeb Gwyddonol Arbennig
UKCEH	Canolfan y DU ar gyfer Ecoleg a Hydroleg
VOC	Cyfansoddyn Organig Anwedddol
LIC	Llywodraeth Cymru

# Cynnwys

<b>1</b>	<b>Crynodeb Gweithredol.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Rhagymadrodd.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Effaith llygredd aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth.....</b>	<b>8</b>
3.1	Asideiddio .....	8
3.2	Effeithiau gwenwynig uniongyrchol.....	8
3.3	Ewtroffigedd .....	9
<b>4</b>	<b>Llygrwyr Aer .....</b>	<b>11</b>
4.1	Ffynonellau a mathau o lygrwr .....	11
4.2	Llwybr cysylltiad a throthwyon niwed .....	12
4.3	Amserlen amlygiad.....	13
4.4	Dosraniadau gofodol .....	14
4.5	O ble mae llygredd aer yn deillio? .....	15
<b>5</b>	<b>Maint gofodol – ble mae'r ecosystemau sensitif? .....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Ansicrwydd.....</b>	<b>18</b>
6.1	A fydd targed ar gyfer un llygrwr yn mynd i'r afael â materion ansawdd aer yn fwy cyffredinol. ....	18
6.2	Newid dealltwriaeth o sensitifrwydd ecosystemau .....	18
6.3	Llygrwyr aer sy'n dod i'r amlwg.....	18
6.4	Effeithiau ar elfennau eraill o fioamrywiaeth .....	18
6.5	Amodau amgylcheddol a rhyngweithiadau llygru sy'n newid .....	19
6.6	Dynamigrwydd ecosystem.....	19
6.7	Dewis ecosystem/cynefin/rhywogaeth .....	19
<b>7</b>	<b>Yr angen am darged.....</b>	<b>20</b>
7.1	Effeithiau llygrwyr aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth yng Nghymru .....	20
7.2	Ymrwymadau rhyngwladol.....	22
7.3	Argymhelliad o'r angen am darged.....	23
<b>8</b>	<b>Crynodeb o'r metrigau posib .....</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Trafodaeth .....</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>Argymhellion .....</b>	<b>29</b>
10.1	Argymhellion cyffredinol .....	29
10.2	Argymhelliad penodol.....	29
<b>11</b>	<b>Cyfeiriadau .....</b>	<b>30</b>

# 1 CRYNODEB GWEITHREDOL

Mae llygredd aer wedi gwanhau ecosystemau Cymru ac wedi achosi colledion eang o ran bioamrywiaeth. Mae Llywodraeth Cymru yn asesu'r angen am darged (neu dargedau) ansawdd aer newydd mewn perthynas ag ecosystemau a bioamrywiaeth. Byddai targed penodol ar gyfer ansawdd aer y gellir ei gysylltu'n gyflym ag effeithiau ar ecosystemau a bioamrywiaeth yn helpu i gynyddu ymwybyddiaeth o effeithiau llygredd aer. Yn gryno, mae'r adroddiad hwn yn adolygu effeithiau llygredd aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth, gan gyflwyno argymhellion is-grŵp y Panel Ymgynghori ar Aer Glân (CAAP) a gynullwyd yn 2022-23 i drafod y pwnc. Argymhellodd yr is-grŵp y dylid gosod targed ar sail un metrig unigol penodol, gyda gwaelodlin a ddiffinnir yn glir a dyddiadau cyflawni.

Mae llygrwyr aer yn achosi difrod i ecosystemau drwy effeithiau gwenwynig uniongyrchol, a thrwy achosi ewtroffigedd (gor-ffrwythlonni) ac asidiad. Mae amonia yn llygrwr aer sy'n enwedig o andwyol, gydag effeithiau difrifol ar lawer o fwsoglau a chennau, a chan gyfrannu at ran fawr o gyfanswm y llwyth nitrogen yn ecosystemau Cymru. Gall llygrwyr atmosfferaid eraill megis oson neu fetalau trymion niweidio ecosystemau a bioamrywiaeth, ond mae'r dystiolaeth o niwed gan y rhain yn wannach na'r dystiolaeth o niwed o amonia. Mae amonia hefyd yn cyfrannu at greu llygredd gronynnol, sy'n niweidiol i fywyd gwylt yn ogystal ag iechyd dynol. Mae llygredd amonia wedi'i ddylanwadu'n gryf gan allyriadau yng Nghymru ei hun.

At hyn, argymhellodd yr is-grŵp y dylid seilio'r targed ar:

- a. Crynhoad amonia yn yr aer.
- b. Ar hyn o bryd, mae 50% o Gymru dros lefel gritigol y cymedr blynyddol, sef  $1 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ . Mae'r lefel hon wedi'i gosod i amddiffyn mathau sensitif o fwsoglau a chennau, sy'n gyfran werthfawr o fioamrywiaeth, ac sy'n cyfrannu at reoli dŵr, creu mawn a swyddogaethau ecosystem eraill
- c. dros Gymru gyfan, nid yn unig ar safleoedd wedi'u hamddiffyn neu ardaloedd cynefin wedi'u mapio.

Bydd angen sicrhau cynnydd tuag at y targed yn bennaf drwy ddefnyddio data wedi'u modelu, y gellir ei ddarparu ar gyfer Cymru gyfan, a lle mae llai o ddylanwad gan amrywiaeth blwyddyn i flwyddyn mewn meteoroleg. Fodd bynnag, mae calibradu allbynnau modelu yn erbyn mesuriadau amonia yn bwysig, ac mae'n bosib na fydd rhwydwaith mesur presennol y DU yn darparu sylw digonol i sicrhau cywirdeb data.

Y metrig targed penodol sy'n cael ei argymhell gan is-grŵp CAAP yw'r **ardal yng Nghymru lle mae'r crynhoad cyfartalog blynyddol o amonia dros yr  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  lefel gritigol y cymedr blynyddol.**

Byddai diffinio targed yn nhermau newid perthynol (er enghraifft, gostyngiad o 10% yn yr ardal sydd dros y lefel gritigol) yn fwy cadarn yn erbyn newidiadau yn y mesur a/neu ddulliau modelu na tharged newid absoliwt (er enghraifft, 40% o Gymru dan y lefel gritigol).

Byddai angen gosod y gwerth targed ar ôl cynnal senario modelu i asesu'r hyn y gellir ei gyflawni'n realistig.

## 2 RHAGYMADRODD

Mae llygredd aer wedi achosi gwanhau eang mewn ecosystemau ac wedi arwain at ddifodiant rhywogaethau o blanhigion a chennau ledled y byd (Bobbink et al., 2010) ac yn y DU (Henrys et al., 2011; Stevens et al., 2012). Mae llawer o'r dystiolaeth yn ymwneud ag effaith llygredd nitrogen adweithiol, a ystyrir i fod y trydydd achos mwyaf o golled bioamrywiaeth yn fyd-eang, gyda newid yn y defnydd o dir a newid yn yr hinsawdd yn achosi mwy o niwed (Sala et al., 2000). Mae'n debygol bod ecosystemau a bioamrywiaeth yng Nghymru yn dioddef o'r un effeithiau digroeso, sy'n raddol yn aml, ac mae'n anodd gwahaniaethu rhwng effeithiau pwysau eraill (Verheyen et al., 2017). Byddai targed penodol ar gyfer ansawdd aer y gellir ei gysylltu'n gyflym ag effeithiau ar ecosystemau a bioamrywiaeth yn helpu i gynyddu ymwybyddiaeth ymhlith rhanddeiliaid. Mae'r ddogfen hon yn cyflwyno metrigau posib a allai fod yn sail i darged o'r fath. Crëwyd is-grŵp i'r Panel Ymgynghori ar Aer Glân i drafod y materion ac argymhell metrig targed i'w ystyried gan weinidogion.

Mae'n ofynnol i dargedau Llywodraeth Cymru (LIC) fod yn SMART (sef penodol, mesuradwy, cyflawnadwy, perthnasol a chyfyngedig o ran amser). Byddai angen pennu gwerth penodol a dyddiad cyflawni yn dilyn modelu senarios, i sicrhau bod gan y targed y lefel briodol o uchelgais yn ogystal â bod yn rhywbeth y gellir ei gyflawni, gan gynnwys unrhyw dueddiadau dros amser yn y metrig(au) a ddewiswyd y gallai polisïau LIC ddylanwadu arnynt.

Yn y ddogfen hon, yn gyntaf rydym ni'n disgrifio effeithiau'r llygrwyr aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth. Wedyn, rydym ni'n trafod y llygrwyr eu hunain – mathau o lygrwyr, llwybrau gwneud ecosystemau neu organebau'n agored i niwed, trothwyon ar gyfer effeithiau andwyol, amser agoredrwydd, dosbarthiadau gofodol a ffynonellau. Nawr, byddwn yn archwilio'n gryno sut y gellir mapio derbynyddion (yr ecosystemau neu'r safleoedd y mae llygredd yn effeithio arnynt) at ddiben gosod targedau. Yna, byddwn yn crynhoi'r dadleuon ar gyfer mabwysiadu targed, ac yn olaf, yn cynnig argymhellion fel sail y targed hwn.

Mae llawer o'r dystiolaeth ar gyfer effeithiau llygredd aer ar gynefinoedd yn ymwneud â phlanhigion (planhigion fasgwlar a bryoffytau) a chennau (e.g. Pescott et al., 2015). Mae planhigion a chennau'n gymharol rwydd i'w hastudio, gan nad ydynt yn symud, a gellir defnyddio triniaethau arbrofol ar gymunedau o blanhigion yn rhwydd. Weithiau, gellir dangos bod llygredd aer yn effeithio ar anifeiliaid, gan gynnwys adar (Barton et al., 2023) a gloynnod byw (e.g. Wallis de Vries and Van Swaay, 2006), ond hyd yma, mae astudiaethau ar yr effaith ar anifeiliaid wedi bod yn gyfyngedig. Fodd bynnag, mae rhywogaethau o blanhigion a chennau yn gydrannau sylfaenol i ecosystemau (Asplund and Wardle, 2017; Stevens et al., 2018), gan ategu bioamrywiaeth grwpiau eraill.

## 3 EFFAITH LLYGREDD AER AR ECOSYSTEMAU A BIOAMRYWIAETH

### 3.1 Asideiddio

Mae ymchwil i law asid yn y 1960au a'r 1970au wedi arwain at ymwybyddiaeth gynyddol ymhlith y cyhoedd o effeithiau andwyol llygredd aer ar yr ecosystem (Singh and Agrawal, 2008). Mae llygrwyr sy'n asideiddio yn achosi trwytholchi cationau sylfaenol maetholion (calsiwm, magnesiwm a photasiwm) a gostyngiad mewn pH y pridd. Gyda gwerthoedd pH sy'n is na 5, mae cationau gwenwynig megis alwminiwm yn mynd yn gynyddol i gam toddedig toddiant y pridd. Mae rhai planhigion wedi addasu i bridd asidaidd, ond mae effaith andwyol ar lawer o rywogaethau. Mae'r un peth yn wir am gennau, lle mae rhai wedi addasu i dyfu ar risgl coed wedi'i drwytholchi, sylfaen wael, ond mae eraill yn cael eu colli i asideiddio. Mae ecosystemau calchaid, megis glaswelltiroedd carreg galch yn enwedig o gyfoethog o ran rhywogaethau, ac mae asideiddio'n achosi colled rhywogaethau ar draws yr ystod o pH y pridd. Mae ecosystemau asidaidd hefyd yn cael eu niweidio gan asideiddio a dim ond yn araf y gallant adfer oherwydd yn y systemau hyn, prin yw'r calsiwm newydd drwy hindreulio mwynau'r pridd (Evans et al., 2014). Mae asideiddio hefyd yn effeithio ar systemau dyfroedd croyw, gan achosi colled pysgod a rhywogaethau anifeiliaid di-asgwrn-cefn (Ormerod and Durance, 2009). Mae lleihad sylweddol mewn allyriadau sylffwr (S) a gyflawnwyd ers y 1970au wedi arwain at adferiad eang o asideiddio (Hughes et al., 2012; Reynolds et al., 2013; Seaton et al., 2023), gan ddangos y gall polisi llygredd fod yn hynod effeithiol. Fodd bynnag, mae nitrogen adweithiol (N) hefyd yn llygrwr sy'n asideiddio wrth gael ei ddyddodi ar ffurf wedi'i hocsidedd (NO<sub>x</sub>) neu ffurf lai (NH<sub>y</sub>) (Reuss and Johnson, 1986), ac nid yw allyriadau N wedi lleihau i'r un graddau. Yn 2016, o gyfanswm y dyddodiad asidedd mewn cynefinoedd rhannol naturiol yng Nghymru, roedd 65% yn NH<sub>y</sub>, roedd 19% yn NO<sub>x</sub> a dim ond 16% oedd S (data from Rowe et al., 2022).

### 3.2 Effeithiau gwenwynig uniongyrchol

Mae llygrwyr aer megis oson, amonia (NH<sub>3</sub>) a nitrogen wedi'i ocsidedd (NO<sub>x</sub>) yn gallu achosi niwed i organebau drwy ymlifiad uniongyrchol. Mae rhan fwyaf y dystiolaeth bresennol yn ymwneud ag effeithiau ar blanhigion a chennau, ond mae effeithiau ar ffawna'n cael eu hamlygu'n gynyddol (Agathokleous et al., 2020; Nijssen et al., 2017). Mae amonia yn effeithio ar lawer o rywogaethau o blanhigion fasgwlwr mewn crynoadau cymharol isel, ac mae'r trothwy crynhoed ar gyfer llawer o fryoffytau a rhywogaethau o gennau hyd yn oed yn is. Mae effeithiau NO<sub>x</sub> atmosfferaid amgylchol presennol ar rywogaethau o blanhigion yn llai clir, ac mae lefelau critigol o NO<sub>x</sub> yn destun adolygiad o dystiolaeth bresennol gan ICP Vegetation.

Mae oson yn y stratosffer yn darparu amddiffyniad pwysig rhag ymbelydredd uwchfioled, ond caiff oson troposfferig (ar lefel y tir) ei ystyried i fod yn llygrwr. Mae oson yn arbennig o niweidiol i rywogaethau o blanhigion sy'n tyfu'n gyflym, gyda chyfraddau uchel o gyfnwid stomataidd, megis cynydau a llawer o rywogaethau o goed (Agathokleous et al., 2020). Gellir crynhoi effeithiau niweidiol tebygol oson ar ecosystemau a bioamrywiaeth yng Nghymru fel a ganlyn:

- (i) dirywiad mewn ansawdd a swmp porthiant, a chyfansoddiad porthiant sy'n newid mewn systemau pori (Hayes et al., 2016);

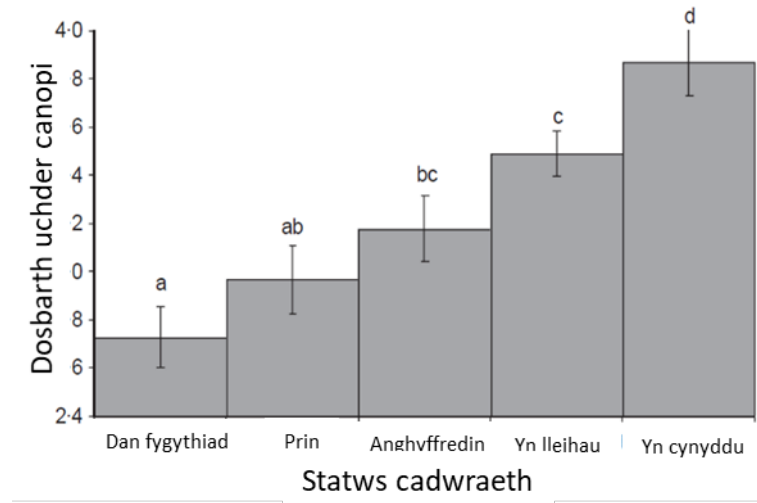


- (ii) llai o gnydau oherwydd lefelau oson cefndirol cynyddol cronig a digwyddiadau oson aciwt hanesyddol, amlach (Mills et al., 2018);
- (iii) sensitifrwydd gwahaniaethol rhywogaethau planhigion i oson (Agathokleous et al., 2020), ac, i gnydau, tueddiad mewn amrywiaethau modern, cynnyrch uchel i fod yn fwy sensitif. Mae hyn oherwydd bridio ar gyfer twf cyflym ac felly stomata agored. Ar gyfer sensitifrwydd rhywogaethau yn gyffredinol, mae codlysiau yn tueddu i fod yn fwy sensitif i niwed oson na chnydau nad ydynt yn godlysiau, a phlanhigion porfa yn fwy na glaswellt (Bergmann et al., 2017; Hewitt et al., 2016)— fodd bynnag, gall rhyngweithiadau rhywogaethau arwain at ymatebion cymhleth ar lefel gymuned (Calvete-Sogo et al., 2016).

Ar y cyd, mae'r canfyddiadau hyn yn awgrymu bod ecosystemau amaethyddol Cymru yn wynebu risg uwch o lygredd oson ar lefel y tir nac ecosystemau rhannol-naturiol a bioamrywiaeth. Ar uchder, mae crynadau oson yn tueddu i fod yn uwch hyd yn oed yn absenoldeb llygredd aer anthropogenig (Chevalier et al., 2007). Gallai lleihau lefelau traffig neu leihau diwydiant hyd yn oed arwain at gynnydd mewn llygredd oson mewn ardaloedd dinesig, drwy grynadau llai o NO a fyddai fel arall yn adweithio â'r osod ac yn ei dynnu (Sicard et al., 2018). Gallai oson hefyd effeithio ar elfennau eraill o fioamrywiaeth mewn ecosystemau, ond mae'r effeithiau hyn yn dal i fod yn ansicr. Mae effeithiau metelau trwm atmosfferaid, gronynnau, plastigion a llygrwyr eraill ar ecosystemau hyd yn oed yn llai clir.

### 3.3 Ewtroffigedd

Mae llygrwyr megis N ( $\text{NH}_y$  a  $\text{NO}_x$ ) adweithiol yn gweithredu fel maetholion, h.y. maent yn gorfaethu ac yn ysgogi twf rhywogaethau o blanhigion. Mae planhigion sydd wedi addasu i argaeledd maetholion uchel yn ymateb yn gryf. Yn nodweddiadol, mae'r rhain yn rhywogaethau sydd â dail tenau sy'n gallu cystadlu'n gryf am olau drwy dyfu'n gyflym ac yn dal, megis danadl. Yn nodweddiadol, mae rhywogaethau sydd wedi addasu i argaeledd maetholion isel yn tyfu'n araf ac maent yn fach, a chânt eu trechu'n hawdd wrth iddynt gael eu cysgodi gan blanhigion tal. Mae uchder uchaf cyfartalog planhigion yn arwydd dda o raddau'r bygythiad maent yn eu hwynebu (Hodgson et al., 2014) (Figure 3.1). Mae ychwanegu maetholion yn ysgogi twf rhywogaethau sydd wedi'u haddasu ar gyfer ffrwythlondeb uchel ac yn achosi colled o ran cyfoeth rhywogaethau'n gyffredinol (Hautier et al., 2009; Muehleisen et al., 2022). Mae llygredd nitrogen maetholion wedi achosi dirywiad mewn poblogaethau llawer o rywogaethau o blanhigion a chennau yn y DU (Stevens et al., 2011b). Fodd bynnag, fel yn achos planhigion fasgwlaidd, mae rhai rhywogaethau o fryoffytau yn ymateb yn gadarnhaol i fewnbynau N (Stevens et al., 2011b).



*Ffigur 3.1. Y berthynas rhwng statws cadwraeth rhywogaethau o blanhigion y DU a'u huchder nodweddiadol (Hodgson et al., 2014).*

## 4 LLYGRWYR AER

### 4.1 Ffynonellau a mathau o lygrwr

Mae mathau gwahanol o lygrwyr yn deillio o ffynonellau gwahanol. Mae N ( $\text{NH}_y$ ) llai yn deillio o ffynonellau amonia amaethyddol yn bennaf, yn enwedig allyriadau o wastraff da byw. Mewn gwrthgyferbyniaeth, mae N ( $\text{NO}_x$ ), S wedi'i ocsideiddio ac i ryw raddau, metalau trwm, yn cael eu hallyrru'n bennaf fel sgîl-gynhyrchion llosgi tanwydd ffosil neu yn ystod y broses ddiwydiannol. Caiff oson ei greu drwy brosesau atmosfferaid sy'n cynnwys  $\text{NO}_x$ , cyfansoddion organig anweddol a golau'r haul.

Mae sylffwr (S) a nitrogen adweithiol (N) yn llygrwyr sy'n asideiddio. Er bod nwy amonia yn creu toddiant alcalïaidd yn y dŵr, mae trawsnewidiadau cemegol yn y pridd yn golygu bod gan nitrogen ( $\text{NH}_y$ , h.y. amonia neu amoniwm) effaith asideiddio. Mae potensial asideiddio S,  $\text{NH}_y$  a  $\text{NO}_x$  yn gyfwerth â'r un nifer o bethau cyfwerth gwefr. Er enghraifft, mae gan 1 môl o  $\text{SO}_4^{2-}$  (2 beth cyfwerth gwefr) yr un effaith asideiddio a 2 fôl  $\text{NO}_3^-$ . Mae lleihau allyriadau S, yn bennaf oherwydd gosodiad golchwyr mewn simneiau gorsafoddedd pŵer yn un o lwyddiannau mawr polisi amgylcheddol. Mae dyddodiad sylffwr i gynefinoedd agored yn y DU wedi lleihau o 19.8 Geq ym 1996 i 4.5 Geq yn 2018 (Rowe et al., 2021). Fodd bynnag, bu lleihad yn y cyfanswm o ddyddodiad N yn yr ardaloedd hyn o dim ond 37.2 Geq i 31.6 Geq yn unig dros yr un cyfnod. Yn ôl y data diweddaraf, roedd N yn gwneud tua 90% o ddyddodiad aseideiddio'r DU yn 2019 (Rowe et al., 2022).

Fel a nodwyd uchod, mae N hefyd yn llygrwr ewtroffigaidd. Er y canfu rhai astudiaethau effeithiau unigryw yn achos  $\text{NH}_y$  a  $\text{NO}_x$  ar ddyddodiad mewn ecosystemau, mae statws ocsideiddio N yn newid yn gyflym mewn pridd ac mae cyfanswm mewnbwn N atmosfferaid yn arwydd digonol fel arfer o botensial ewtroffigaidd (Stevens et al., 2011a).

Mae gan grynoadau amonia ac  $\text{NO}_x$  yn yr aer ddylanwad cryf ar ddyddodiad N, ac mae gan y nwyon hyn hefyd effeithiau gwenwynig uniongyrchol. Mae amonia'n arbennig o andwyol, ac mae adrodd ar raddau'r DU yn canolbwyntio ar fynd dros lefelau critigol amonia (Rowe et al., 2021).

Mae oson yn y stratosffer o'r pwysigrwydd pennaf er mwyn amddiffyn y blaned rhag ymbelydredd, ond caiff oson troposfferig neu lefel y tir ei ystyried i fod yn llygrwr andwyol. Mae llygredd oson yn bryder penodol i dir â'r a glaswelltiroedd wedi'u gwella, lle mae cynhyrchiant a chnydau wedi gostwng. Mae effeithiau'r oson ar ecosystemau rhannol-naturiol yn llai clir, er bod hyn yn rhannol oherwydd bod datguddiad arbrol sy'n berthnasol i'r maes yn anodd. Gall diffyg ymateb hefyd fod oherwydd bod newidiadau i rywogaethau eisoes wedi digwydd oherwydd deinamig a achosir gan lygrwyr eraill, e.e. N (Hayes et al., 2019). Er nad oes tueddiad i'r oson gynyddu gydag uchder, mae graddiannau mewn crynoadau oson yn llai trawiadol ac yn llai cyson na graddiannau llygredd N, sydd hefyd â sylfaen dystiolaeth gyfyngedig ar effeithiau'r oson ar fioamrywiaeth. Fodd bynnag, mae tystiolaeth yn dod i'r amlwg o effeithiau oson ar dyfiant planhigion a blodeuo mewn ecosystemau rhannol-naturiol yng Nghymru (Hayes, 2022).

Mae dyddodiad atmosfferaid metalau trwm wedi lleihau'r sylweddol gan ddirywiad diwydiant trwm, gwaharddiadau ar ychwanegion blaenllaw at danwydd a chyfyngiadau ar y defnydd o fercwri. Nid yw dyddodiad metalau bellach yn bryder mawr yng Nghymru. Fodd bynnag, mae llygredd aer yn parhau i fod yn ffactor wrth ystyried amlygiad dynol ac ecosystemau i fetelau trwm, oherwydd bod asideiddio'n cynyddu hydoddedd sawl metal gwynwynenig pwysig.

Gellir mynd i'r afael â'r llwybr amlygu hyn, h.y. metalaau gwenwynig hydoddol, gyda mesurau sy'n lleihau llygrwyr sy'n aseideiddio.

## 4.2 Llwybr cysylltiad a throthwyon niwed

Mae crynodad llygrwyr yn yr aer, wedi'i fesur mewn  $\mu\text{g m}^{-3}$ , er enghraifft, a chyfradd ddyddodi llygrwyr, wedi'i mesur mewn  $\text{kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , yn arwyddion defnyddiol o'r pwysau sydd ar organebau. Mae crynodad atmosfferaid a chyfradd ddyddodi'n gysyniadau syml nad oes angen eu hesbonio yng nghyd-destun y cysyniad o drothwy niwed. Fodd bynnag, mae gan ecosystemau rywfaint o wytnwch, ac mae'n bosib y bydd angen ystyried hyn wrth osod targed ansawdd aer. Er enghraifft, byddai ystyried dyddodi'n unig, heb drothwy, yn anwybyddu'r ffaith fod nitrogen a sylffwr yn elfennau maeth, sy'n hanfodol ar gyfer tyfiant. Mae rhywogaethau planhigion unigol wedi'u haddasu i lefel benodol o amlygiad oson, yn enwedig mewn amgylcheddau mynyddig.

Gall ecosystemau oddef crynodadau isel o lygredd heb niwed, ond mae effeithiau gwenwynig uniongyrchol yn cynyddu gyda'r crynodad. Gelwir y lefel crynodad y mae organebau yn cael eu niweidio uwch ei phen yn **lefel gritigol**. Gellir gosod lefel gritigol ar gyfer ecosystem yn unol â sensitifrwydd mawr organebau, megis bryoffytâu a chennau, sy'n gydrannau pwysig.

Yn yr un modd, gall ecosystemau oddef cyfradd benodol o ddyddodion llygrwyr. Mae hyn yn arwain at y cydsyniad o **lwyth critigol**, h.y. cyfradd dyddodiad y llygrwr na fydd yn achosi niwed i'r ecosystem, hyd yn oed yn y tymor hir. Gall y llwyth critigol ddibynnu ar y math penodol o gynefin, a gellir ei addasu gan gyflyrau amgylcheddol megis pH y pridd neu waddodiad blynyddol. Mae gwahaniaethau yng nghyfraddau prosesau mewnol hefyd yn cyfrannu at y newidiadau hyn mewn llwythau critigol rhwng cynefinoedd. Er enghraifft, gellir niwtraleiddio llygrwyr sy'n asideiddio drwy fflwcs catïonau sylfaenol o hindreulio pridd a ffynonellau eraill. Gellir lliniaru fflycsau nitrogen maethol ddrwy fflycsau allan o'r system, megis trwytholchi neu ddadnitreiddio (er y gall y llwybrau colli nitrogen hyn achosi niwed mewn mannau eraill). Gan ystyried fflycsau i'r ecosystem ac allan ohoni fesul ardal ei gwneud hi'n bosib cyfrifo cyllideb. Ystyriaeth arall yw bod effaith gref ar y gyfradd ddyddodiad gan uchder a natur arw wyneb y llystyfiant – er enghraifft, mae coetiroedd yn derbyn bron dwywaith y dyddodiad N â llystyfiant agored, ar gyfartaledd.

Mewn gwirionedd, mae llygrwyr yn achosi niwed pan fydd organebau yn eu hymlifo, sydd bob amser yn broses ddyddodi. Mae cydnabod hyn wedi arwain at ddatblygu metrigau sy'n seiliedig ar y gyfradd ymlifo, er enghraifft fesul  $\text{cm}^2$  o ddail. Mae'r ymagwedd hon sy'n **seiliedig ar fflwcs** wedi bod yn arbennig o ddefnyddiol wrth ystyried llygredd oson, sy'n achosi mwy o niwed pan fydd stomata planhigion ar agor, e.e. mewn amodau llew mae'r pridd yn llaith iawn. Yn wir, gall planhigion gael eu hamgylchynu gan grynodadau uchel o oson ond bydd crynodadau o'r fath yn cael effaith gyfyngedig os yw'r stomata ar gau, e.e. oherwydd sychder. Mewn gwrthgyferbyniaeth, gall crynodadau atmosfferaid isel, y gellir eu disgwyl i fod yn 'ddiogel', gael effeithiau niweidiol a chronig os yw stomata o hyd ar agor. Gellir defnyddio modelau i ragweld fflwcs oson fesul arwyneb deilen, o grynhoad aer, argaeledd dwr a ffactorau eraill. Gelwir y fflwcs oson critigol i'r ddeilen, y mae'r planhigyn yn debygol o fod wedi'i niweidio yn uwch na hynny, yn ddos oson llyswenwynol (POD). Gallai ymagwedd debyg, sy'n seiliedig ar fflwcs, hefyd fod yn berthnasol i  $\text{NO}_x$ , ond mae tystiolaeth empirig yn ddiffygiol.

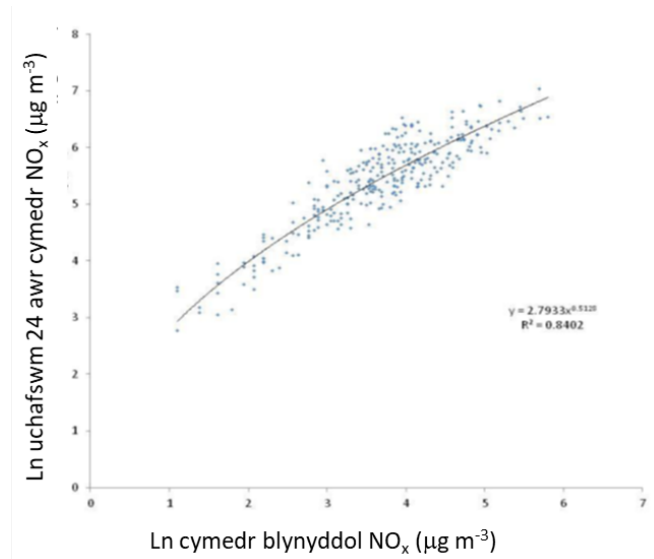
Mae trothwyon niwed fel a gynrychiolir gan lefelau critigol, llwythau critigol a POD oll wedi'u diffinio ar sail tystiolaeth bresennol o arbrofion ac arolygon. Bydd mynd dros y llwyth critigol,

lefel gritigol neu POD yn ddangosydd mwy cywir ar yr ecosystem a'i bioamrywiaeth gysylltiedig na chyfanswm y llwyth, y crynhoad neu fflwcs y ddeilen.

### 4.3 Amserlen amlygiad

Mae llygredd aer yn amrywiol o ran amser. Gall allyriadau fod yn dymhorol iawn, er enghraifft y rhai hynny sy'n ganlyniad lledaenu slyri, ac mae effaith y tywydd yn gryf ar ledaenu atmosfferaidd a rhyngweithio â llygrwyr eraill. Bydd achosion o grynod uchel yn debygol o gael effaith gref ar organebau, hyd yn oed y rhai hynny sy'n para am amser byr. Felly, mae cyfnod amser mesur y crynhoad yn ystyriaeth bwysig. Mae lefelau critigol wedi cael eu gosod ar sail cymedr blynyddol y crynhoad yn bennaf, ond gellir hefyd eu diffinio fel y crynhoad mwyaf y gellir ei ganiatáu mewn unrhyw fis, dydd neu hyd yn oed cyfnodau byrrach o amser. Fodd bynnag, prin yw'r sylfaen dystiolaeth ar gyfer lefelau critigol tymor byr, gan fod angen mesuriadau o grynodau ac ymatebion ecosystemau rheolaidd er mwyn cadarnhau gwerth addas.

Mae perthynas ystadegol rhwng cymedr crynhoad blynyddol a'r crynhoad uchaf mewn cyfnod byrrach o amser (e.e. Figure 4.1.). Golyga hyn, lle mae data ar gael i gadarnhau'r berthynas hon yn achos llygrwr penodol, y gellir gosod lefel gritigol fel ei bod hi'n debygol na fydd lefelau'n mynd dros lefelau critigol yn y tymor byr. Fodd bynnag, mewn gwirionedd caiff lefelau critigol eu gosod ar sail ymatebion bioamrywiaeth sy'n gysylltiedig â'r amserlen dan sylw, e.e. Caiff lefelau critigol misol eu gosod gan ddefnyddio data misol (neu fwy aml) ar amlygiad ac ymatebion.



*Ffigur 4.1. Mae logarithmau cymedr blynyddol NO<sub>x</sub> vs cymedr NO<sub>x</sub> uchaf 24 awr yn holl safleoedd Rhwydwaith Dinesig a Gwledig Awtomataidd (AURN) dros 3 blynedd, ac eithrio safleoedd diwydiannol (AQC, 2018).*

Agwedd arall ar yr amserlen amlygiad yw dyfalbarhad y llygrwr yn yr ecosystem. Gall ymatebion i gynnydd neu ostyngiad mewn llwyth llygrwyr gael eu harafu gan oedi cemegol (byffro newid gan gronfeydd pridd defnyddiau organig, catïonau sylfaenol etc.) neu drwy oedi biolegol (ymatebion araf organebau i newidiadau amgylcheddol). Gall llygrwyr fel asidedd

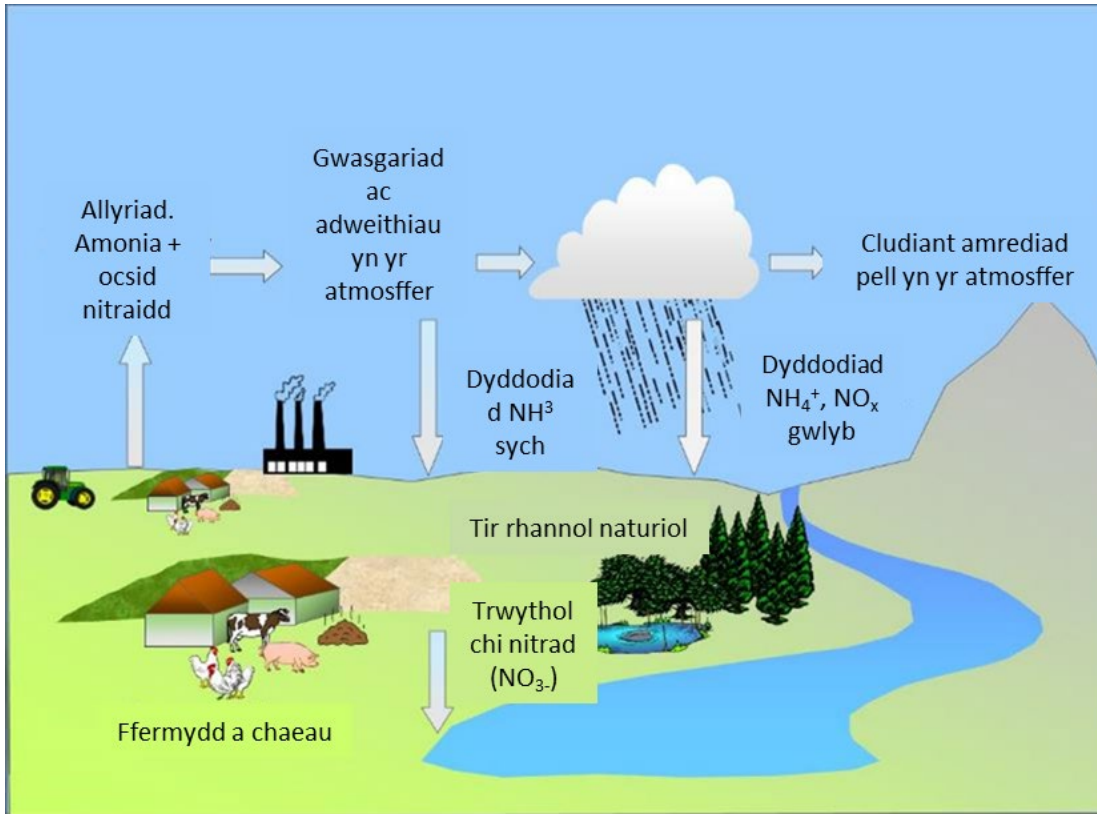
neu nitrogen maethol gael effeithiau hirbarhaol. Am y rheswm hwn, gellir esbonio rhai effeithiau ar ecosystemau orau gan y llwyth cronol dros flynyddoedd neu ddegawdau, yn hytrach na'r crynhoad neu'r llwyth presennol. Cynigodd Rowe et al. (2017) asesu effeithiau nitrogen ar sail cyfanswm y llwyth dros y 30 o flynyddoedd blaenorol ar gyfer ecosystemau sy'n seiliedig ar bridd sy'n gallu cronni symptiau sylweddol o nitrogen organig; neu dros y 3 blynedd flaenorol, er gyfer ecosystemau epiffytig neu epilithig lle prin yw'r capasiti byffro. Dangosodd astudiaeth bwysig gan Payne et al. (2019) fod cyfnod o amser 30 mlynedd o hyd yn briodol i ecosystemau sy'n seiliedig ar bridd.

## 4.4 Dosraniadau gofodol

Gall llygrwyr aer amrywio'n fawr o ran y pellter nodweddiadol y gallant ledaenu cyn cael effaith. Mae hyn yn bennaf oherwydd adweithedd gwahanol â chydrannau eraill yn yr atmosffer, gan gynnwys dŵr a nwyon asid. Gall rhyngweithiadau arwain at greu llygrwyr eraill, yn nodedig oson a gronynnau. Er enghraifft, gall meteoroleg a chyfeiriad mynychaf y gwynt hefyd effeithio'n fawr ar ledaeniad a gwanhad pluen. Bydd cyfnodau o dywydd tawelach yn cynyddu'r cronid o lygrwyr yn agos i ffynonellau.

Caiff oson ei greu drwy adweithio ymhlith ocsidiau N a chyfansoddion organig anweddol (VOCs) ym mhresenoldeb golau uwchfioled. Fodd bynnag, mae adweithio ag ocsid nitrig (NO) yn tynnu oson o'r aer. Felly mae'r dosraniad gofodol oson yn gymhleth, gyda lefelau cymharol isel mewn ardaloedd dinesig sydd â lefelau uchel o NO. Er bod VOCs yn hynod gyson yn yr atmosffer, maent yn lledaenu i ardaloedd gwledig a mynyddig, a gall ffurfio oson fod yn uwch yn yr ardaloedd hyn.

Mae ffurfiau gwahanol N adweithiol yn yr aer yn lledaenu i wahanol bellteroedd (Figure.4.2). Mae nwy amonia'n toddi'n rhwydd yn y dŵr, gan gynnwys arwynebau gwlyb, felly mae llawer o'r amonia yn cael ei ddyddodi o fewn pellter byr o ffynonellau allyriadau. Mae amonia hefyd yn toddi i ddefnyddau cwmwl ac felly'n aml caiff ei ddyddodi mewn ardaloedd o law trwm, er enghraifft mewn mynyddoedd sydd rhwng cyfeiriad y gwynt ac amaethyddiaeth ddwys. Ffactor arall yw bod amonia'n adweithio â chyfansoddion asidaidd yn yr aer, megis NO<sub>x</sub> a SO<sub>x</sub>. Felly, mae'r halen sy'n cael ei greu'n tueddu i ddyddodi'n gyflym ac yn gymharol agos i ffynonellau. Gyda'r gostyngiad mewn llygredd SO<sub>x</sub> a NO<sub>x</sub> mewn blynyddoedd diweddar, mae'r broses dynnu cyfansoddion asidaidd hon wedi gostwng, ac mae amonia yn lledaenu'n uwch yn yr atmosffer ac i bellteroedd mwy. Bydd nitrogen ocsid yn amrywio o ran hydoddedd, a gall pellteroedd lledaenu nodweddiadol amrywio.



Ffigur 4.2. Llygredd nitrogen: allyriadau, adweithiau a chludiant. Ffigur : Ulli Dragosits, UKCEH.

### 4.5 O ble mae llygredd aer yn deillio?

Polisiâu a mesurau Cymreig fydd a'r dylanwad mwyaf ar lygrwyr sy'n deillio o Gymru. Mae gan y llygrwyr aer gwahanol sy'n effeithio ar ecosystemau Cymru ganrannau gwahanol sy'n deillio o ffynonellau yng Nghymru, gan ddbynnu ar allyriadau, a pha mor hir gallant gael eu cludo'n gyffredinol. Mae astudiaeth dosraniad ffynonnell yn dangos y canrannau hyn ar gyfer ffurfiau gwahanol o N a ddyddodir (Table 4.1). Mae N llai, a dyddodiad N sych, yn fwy tebygol o ddod o darddiad lleol nag N ocsidiedig ac N wedi'i ddyddodi'n wlyb. Er nad yw'r ffynhonnell wedi'i phriodoli ar gyfer amonia nwyol, mae amonia yn yr awr yn y rhan fwyaf o Gymru'n debygol iawn o ddod o ffynonellau allyriadau o Gymru'n bennaf. Mae llifau aer ar draws y ffin o Loegr yn cynrychioli'r fflycsau mewnfario ac allfario mwyaf. Fel a esboniwyd uchod, mae amonia yn adweitheddol iawn yn yr aer ac felly mae'n lledaenu am bellteroedd cymharol fach cyn naill ai gael ei ddyddodi neu fod yn destun adweithiau cemegol i greu gronynnau mwy hirhoedlog. Ar y llaw arall, bydd N wedi'i ddyddodi'n wlyb yn aml wedi teithio dros bellteroedd hirfaith, gan gynnwys mewnbwn trawsffiniol o gyfandir Ewrop a'r tu hant, o lwerddon, ac o forgludiant rhyngwladol.

Tabl 4.1. Dyddodi ffurfiau gwahanol o nitrogen llygru i Gymru yn 2018 a chanran y dyddodiad hwn sy'n deillio o Gymru. Dadansoddiad yn defnyddio modwl FRAME gan Ed Carnell (UKCEH).

	NH <sub>y</sub> sych	NH <sub>y</sub> gwlyb	NO <sub>x</sub> sych	NO <sub>x</sub> gwlyb	Cyfans wm y NH <sub>y</sub>	Cyfans wm y NO <sub>x</sub>	Cyfans wm N
Cyfanswm dyddodiad i Gymru yn 2018 (kt N y <sup>-1</sup> )	10.7	7.2	3.1	7.4	17.9	10.5	28.4
Canran sy'n deillio o ffynonellau yng Nghymru	75	24	26	4	55	10	38

Yn hanesyddol, roedd llygredd atmosfferaid gan fetalau gwenwynig yn ganlyniad smeltio a phrosesau diwydiannol eraill, ac o ychwanegu plwm at danwydd, gyda mwy o ddyddodion sy'n deillio o ffynonellau lleol. Wrth i ddiwydiant trwm ddirywio yng Nghymru, ac mae mesurau i gyfyngu allyriadau megis gwahardd ychwanegion tanwydd sy'n seiliedig ar blwm, nid yw llygredd metalig atmosfferaid bellach yn brif bryder yng Nghymru.

Mae creu'r oson yn broses gymharol gymhleth, sy'n cynnwys VOCs, a lle gall ocsidau N weithredu fel catalydd ar gyfer creu'r oson a dalfa i dynnu oson (gweler yr adran flaenorol). Mae hyn yn ei wneud yn anodd asesu ffynonellau oson troposfferig yng Nghymru, neu ar gyfer lleoliad penodol. Mae gan oson gylch oes byr yn yr aer gyda chrynodeb uchel o ocsid nitraidd, NO, ond gall gwasgaru am bellteroedd mawr mewn aer sy'n gymharol anhalogedig (Akimoto, 2003). Mae cynnydd lleol a thymor byr mewn crynodeb yr oson yn debygol o fod yn gysylltiedig ag allyriadau lleol o NO<sub>x</sub> a VOCs. Ystyrir bod cynnydd graddol mewn crynodeb yr oson wedi'i achosi gan wasgariad yn hemisffer y gogledd yn ei gyfanrwydd, sy'n arwain at gynydd mewn allyriadau VOC (Monks et al., 2015).



## 5 MAINT GOFODOL – BLE MAE'R ECOSYSTEMAU SENSITIF?

Mae'r ardal sy'n destun gosod targed yn ystyriaeth bwysig. Mae ecosystemau yn amrywio o ran eu pwysigrwydd ar gyfer cadwraeth, eu sensitifrwydd i lygrwyr a'u pwysigrwydd i bobl. Ym mhedwar ban byd, mae ardaloedd anghysbell a mynyddig yn gysylltiedig â'r ecosystemau mwyaf glân, ond gellir defnyddio a gwerthfawrogi ecosystemau sy'n agos i ganolfannau dinesig gan fwy o bobl. Yng Nghymru, rhoddwyd amddiffyniad ar ffurf statws Safleoedd o Ddiddordeb Gwyddonol Arbennig (SDdGA), Ardaloedd Cadwraeth Arbennig (ACA) neu Ardaloedd Gwarchodaeth Arbennig (AGA) i safleoedd sy'n arbennig o bwysig o ran cadwraeth. Fodd bynnag, mae ardaloedd mawr o gynefinoedd sy'n sensitif i lygredd ar gael y tu allan i safleoedd sydd wedi'u hamddiffyn.

Mae metrigau a thargedau llygredd wedi'u diffinio ar sail sawl cysyniad gofodol gwahanol a dynodiadau cadwraeth. Mae'r "Trends Report" blynyddol (e.g. Rowe et al., 2022) yn adrodd am ormodedd llwythau critigol o faetholyn-N neu ar gyfer asidedd, ar gyfer yr ardal gyfan o gynefin sensitif yn y DU, ac ym mhob un o siroedd y DU. Cynefinoedd sensitif yw'r rhai hynny y dangoswyd bod effaith arnynt drwy lygredd aer megis corysodd, rhostiroedd a glaswelltiroedd rhannol-naturiol. Mae'r Trends Reports hefyd yn adrodd am fynd dros derfynnau yn achos safleoedd wedi'u hamddiffyn sydd â nodweddion sensitifrwydd i fatholyn N neu sy'n sensitif i asid, ar wahân i SDdGA, ACA a AGA. Mae Strategaeth Aer Glân y DU (Defra, 2019) yn cynnwys targed i Loegr leihau "cyfanswm dyddodiad N adweitheddol i gynefinoedd sy'n sensitif i faetholyn N, sydd wedi'u hamddiffyn ac sy'n gynefin flaenoriaeth", sydd wedi cael ei ddehongli fel maint cyfan y cynefinoedd blaenoriaeth sensitif, nid yn unig ardaloedd mewn safleoedd sydd wedi'u hamddiffyn. Mae Cynllun Amgylchedd 25 Mlynedd Defra hefyd yn cynnwys targed i Loegr, "i adfer 75% o'n miliwn o hectarau o safleoedd daearol a dŵr croyw sydd wedi'u hamddiffyn i gyflwr ffafriol". Nid yw'n glir eto a fydd yn rhaid i ardaloedd cynefinoedd beidio â mynd dros lwyth(au) critigol a lefel(au) g/critigol i gael eu hystyried fel bod o gyflwr ffafriol. Nid yw'r dull hwn ar gyfer mesur ardal safle a amddiffynnir sy'n mynd dros lwythau neu lefelau critigol wedi'i ddiffinio'n llawn, gan fod adrodd am gyflwr safle yn Lloegr yn newid o 2023 o asesiad safle cyfan i asesu unedau o fewn safle.

Fel a nodwyd uchod, mae llygredd oson lefel y tir yn destun pryder penodol ar gyfer systemau amaethyddol cynhyrchiol. Gallai fod yn briodol asesu cysylltiad ag oson mewn ardaloedd o laswelltir a thir â'r, yn hytrach nag ar draws Cymru yn ei chyfanrwydd.

Yn gyffredinol, mae'n bwysig ystyried pa faint gofodol a/neu ddynodiadau cadwraeth y byddai unrhyw darged aer yn berthnasol iddynt yn achos ecosystemau Cymru, ac a ddylid mabwysiadu targedau gwahanol ar gyfer ardaloedd dinesig, ardaloedd lle mae'r defnydd o amaethyddiaeth ddwys yn amlycaf, ac ardaloedd gydag ecosystemau mwy rhannol-naturiol. Gallai targed gwerth fod yn anodd cyflawni mewn ardaloedd gyda mwy o lygredd, a gallai fod yn ddiangen lle mae rhywogaethau sensitif eisoes wedi'u colli ac yn annhebygol o adfer. I'r gwrthwyneb, gallai targed gwerth fod yn annigonol i amddiffyn ecosystemau sy'n fwy sensitive. Fodd bynnag, byddai targed gwerth syml yn gymharol syml i'w gyfathrebu, a byddai lleihau llygredd ar draws Cymru gyfan hefyd yn arwain at leihau pwysau ar safleoedd sensitif.

## 6 ANSICRWYDD

Wrth bennu'r angen am darged, mae angen i LIC fod yn ystyriol o'r ansicrwydd sy'n gysylltiedig â'r wyddoniaeth, ac o gwmpas y targed. Mae'r ansicrwydd hwn yn cynnwys:

### 6.1 A fydd targed ar gyfer un llygrwr yn mynd i'r afael â materion ansawdd aer yn fwy cyffredinol.

Mae rhai llygrwyr aer yn rhyngweithio. Mewn rhai achosion, golyga hyn fod mynd i'r afael ag un llygrwr yn lleihau mathau eraill o lygrwyr. Mae amonia yn cyfrannu at greu PM<sub>2.5</sub>, felly mae lleihau allyriadau amonia yn tueddu i leihau llygredd gronynnau. Yn yr un modd, caiff oson lefel y tir ei greu mewn adweithiau sy'n cynnwys NO<sub>x</sub>, felly gellir disgwyl y bydd lleihau NO<sub>x</sub> yn lleihau llygredd oson. Fodd bynnag, gellir drysu'r disgwyliad syml hwn gan adweithiau cemegol atmosfferaid, fel a welwyd gan lefelau oson sy'n cynyddu gyda lefelau NO is mewn ardaloedd dinesig yn ystod cyfnodau cloi COVID (Sicard et al., 2020). Mewn rhai achosion, mae'r rhyngweithio wedi cael effeithiau andwyol – er enghraifft, mae lleihau lefelau llygredd NO<sub>x</sub> a SO<sub>x</sub> yn golygu bod NH<sub>y</sub> bellach yn parhau i fod yn bresennol yn yr aer cyn cael eu dyddodi neu ei drawsffurfio'n gemegol. Mewn achosion eraill, nid oes rhyngweithio uniongyrchol, a gallai fod risg y bydd canolbwyntio ar un llygrwr yn golygu na thelir sylw i lygrwr arall. Er enghraifft, prin fydd yr effaith o ganolbwyntio ar lygredd NH<sub>y</sub> ar NO<sub>x</sub> ar lygredd NO<sub>x</sub>, oson neu fetalau trymion.

### 6.2 Newid dealltwriaeth o sensitifrwydd ecosystemau

Mae llwythau critigol a lefelau critigol wedi'u gosod ar sail y dystiolaeth bresennol. Wrth i dystiolaeth newydd ddod i'r amlwg, gall gwerthoedd critigol newid. Er enghraifft, arweiniodd yr adolygiad diweddar o lwythau critigol empirig ar gyfer nitrogen maethol (CLnutN) at newidiadau yn yr ystodau a argymhellwyd ar gyfer tuag hanner yr holl gynefinoedd, ac roedd bron yr holl argymhellion hyn yn cynnwys lleihau llwyth critigol (Bobbink et al., 2022). Er ei bod hi'n annhebygol y bydd adolygiad arall o CLnutN yn y dyfodol agos, mae llwythau critigol a lefelau critigol yn destun newid yng ngoleuni tystiolaeth newydd, ac felly mae'n rhaid eu hystyried i fod yn ansicr.

### 6.3 Llygrwyr aer sy'n dod i'r amlwg

Efallai y bydd angen i LIC adolygu targed(au) llygredd aer yng ngoleuni'r dystiolaeth newydd am effeithiau llygredd newydd ar ecosystemau a bioamrywiaeth. Mae llygrwyr yn y categori hwn yn cynnwys microblastigion, llygrwyr organig hirbarhaus (gan gynnwys o blaladdwyr/chwynladdwyr), neu fethan, yn ogystal â bod yn nwy tŷ gwydr sy'n cyfrannu at greu mwy o oson. Bydd ymarfer craffu ar y gorwel yn ddefnyddiol yn y cyd-destun hwn. Yn gyffredinol, mae tystiolaeth ecolegol ynghylch llygrwyr newydd yn rhy prin ac ansicr i lywio'r broses o osod targedau.

### 6.4 Effeithiau ar elfennau eraill o fioamrywiaeth

Mae ein hadroddiad yn canolbwyntio ar effeithiau llygredd ar blanhigion fasgwlar, mwsoglau a chennau. Gellir cyfiawnhau hyn gan gofio pwysigrwydd yr organebau hyn ar gyfer gweithrediad yr ecosystem, ond efallai y bydd angen ystyried effeithiau llygredd aer ar taxa

eraill. Mae sensitifrwydd rhai organebau sy'n hanfodol i weithrediad yr ecosystem, megis micro-organebau pridd, yn dal i fod yn anhysbys. Mae'n debygol y bydd llygredd aer yn cael effaith ar anifeiliaid hefyd, megis gloynnod byw a pheillwyr eraill, adar, ymlusgiaid a physgod. Mae'r dystiolaeth gryfaf am effeithiau ar anifeiliaid yn ymwneud ag effeithiau asideiddio dyfroedd croyw ar bysgod ac anifeiliaid di-asgwrn-cefn. Gan fod anifeiliaid yn symud ac mae'n anos eu harsylwi na phlanhigion a chennau, mae'n anos yn gyffredinol asesu effaith llygredd arnynt, a dim ond yn ddiweddar mae tystiolaeth ymchwil ar gyfer effeithiau llygredd N wedi dechrau dod i'r amlwg. Gallai cysylltu effeithiau llygredd aer â rhywogaethau anifeiliaid gynyddu ymwybyddiaeth o'r mater ymhlith y cyhoedd, gan yr ystyrir anifeiliaid i fod yn fwy carismatig a diddorol i'r cyhoedd na phlanhigion a chennau.

## 6.5 Amodau amgylcheddol a rhyngweithiadau llygru sy'n newid

Gall gwenwyndra llygrwyr ddibynnu ar amodau amgylcheddol. Er enghraifft, gall effeithiau'r oson ar blanhigion waethygu pan fydd cyflwr y pridd yn wlyb, gan fod stomata'n fwy tebygol o fod ar agor. Felly, gall amgylcheddau sy'n newid newid y metrig targed priodol/neu werth y targed. Gan ystyried hyn, byddai rhagolygon y dyfodol angen dealltwriaeth o rhyngweithiadau ymysg llygrwyr ac amodau amgylcheddol eraill, ynghyd â rhagolygon sy'n rhesymol gywir o newid amgylcheddol. Mae llygredd aer hefyd yn rhyngweithio â ffactorau straen eilaidd megis sychder, plâu a chlefydau.

## 6.6 Dynamigrwydd ecosystem

Mae gosod targedau ansawdd aer yn erbyn effeithiau ar gynefinoedd/ecosystemau/rhywogaethau penodol yn awgrymu bod cyflwr delfrydol, sefydlog ar gyfer yr ecosystem. Mewn gwirionedd, mae'r systemau hyn yn ddeinamig a byddent yn newid hyd yn oed heb llygredd aer. Efallai y bydd yn rhaid i dargedau i ba raddau mae'r newid yn 'naturiol' a/neu gellid ei dderbyn (gan gynnwys drwy ddylanwadau eraill, e.e. newid yn yr hinsawdd) yn erbyn yr hyn sy'n ddigroeso ac y gellir ei esbonio drwy llygredd aer.

## 6.7 Dewis ecosystem/cynefin/rhywogaeth

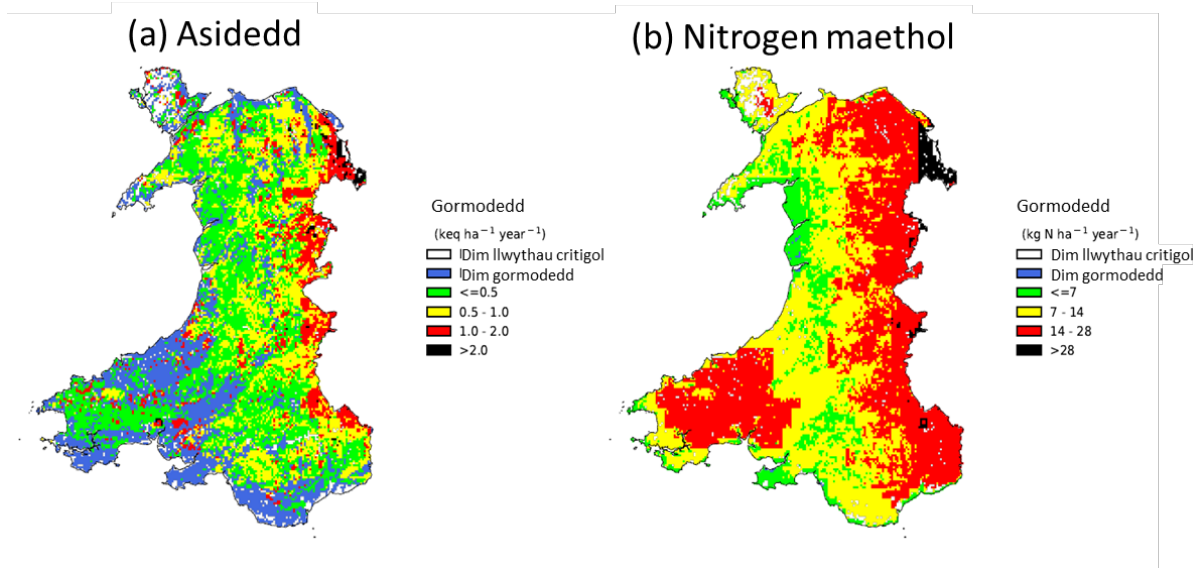
Mae dewis pa gyflwr ecosystem, cynefin neu rywogaeth i fynd i'r afael â nhw gyda tharged ansawdd aer yn feirniadaeth wrthrychol. Gellir cyfiawnhau dewisiadau drwy ystyried effeithiau ehangach (e.e. ar swyddogaeth ecosystemau) a/neu y gellir penderfynu arnynt drwy ymgynghoriad. Gallai ymgynghori ehangach newid y dewis o gynefinoedd, rhywogaethau neu leoliadau i ganolbwyntio arnynt, ac felly'r metrig a argymhellir.

## 7 YR ANGEN AM DARGED

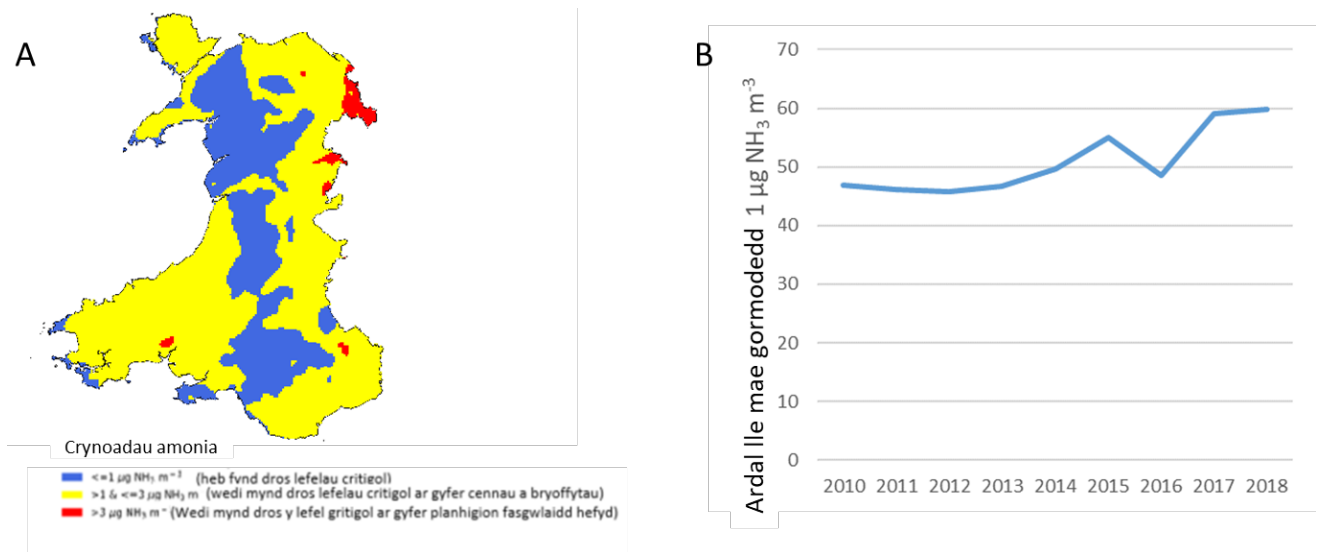
### 7.1 Effeithiau llygrwyr aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth yng Nghymru

Mae effeithiau llygrwyr aer yn achosi niwed i ecosystemau a bioamrywiaeth yng Nghymru. Mae dirywiad sylweddol wedi bod mewn llygredd sylffwr ers y 1980au, ond mae llygredd nitrogen parhaus wedi golygu bod ecosystemau sy'n sensitif i asid ledled y rhan fwyaf o Gymru yn derbyn asidedd sydd uwchben y llwyth critigol, ac ar lefel lle mae effeithiau andwyol yn debygol o fod yn (Figure 7.1.a). Yn ogystal, mae gan ddyddodi nitrogen effaith orfaethu, a phrin iawn yw'r ardaloedd o gynfffin sensitif yng Nghymru sy'n derbyn llai o lygredd nitrogen maethol na'r llwyth critigol (Figure 7.1.b).

Llygredd amonia yw'r rhan fwyaf o'r cyfanswm fflwcs nitrogen, ond mae gan amonia nwyol hefyd effeithiau unigryw. Mae planhigion blodeuo sensitif yn debygol o fod yn destun niwed drwy grynoadau cymedr blynyddol dros  $3 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ , sef y sefyllfa mewn dim ond rhai o'r ardaloedd yn Sir Gâr ac yn agos i'r ffin â Lloegr (Figure 7.2.a). Fodd bynnag, aethpwyd yn uwch na chymedr y lefel gritigol flynyddol ( $1 \mu\text{g NH}_3 \text{ m}^{-3}$ ) ar gyfer bryoffytau a chennau sensitif yn y rhan fwyaf o Gymru, ac mae'r ardal sy'n mynd yn uwch na hynny wedi bod yn cynyddu dros y blynyddoedd diwethaf (Figure 7.2.b). Mae bryoffytau (mwsoglau a llysiâu'r afu) a chennau yn gydrannau pwysig o fioamrywiaeth yn eu hunain, gan gyfrannu at ansawdd gweledol ardaloedd lle maent yn parhau i fod yn amlwg. Mae bryoffytau epiffytig yn elfen bwysig o goed derw'r lwerydd, gan gyfrannu at olwg unigryw'r ecosystemau eiconig hyn. Mae bryoffytau a chennau ar goed a cherrig yn cynnig cyfleoedd gaeafgysgu i lawer o anifeiliaid di-asgwrn-cefn, a thrwy weithredu fel sbwng, maent yn cyfrannu at gryfhau amddiffyniad yn erbyn llifogydd. Mae'r rhywogaeth mwsogl *Sphagnum* yn bwysig ar gyfer creu mawn a storio carbon. Gall bryoffytau a chennau hefyd adlewyrchu ymatebion agweddau eraill ar fioamrywiaeth y mae sensitifwydd i lygredd amonia'n anhysbys ar hyn o bryd (e.e. Anifeiliaid di-asgwrn-cefn).



Ffigur 7.1. a) Asidedd Gormodol a b) Nitrogen Gormodol yng Nghymru, cymedr blynyddol ar gyfer 2018-2020. Ardaloedd lle nad yw'r lefel uwchben y Llwyth Critigol wedi'u hamlygu'n las. Data gan Rowe et al. (2023).



Ffigur 7.2. A) Ardaloedd yng Nghymru yn 2018 lle mae gormodedd yn y Lefelau Critigol o amonia a osodwyd i amddiffyn planhigion fasgwlar sy'n sensitif (yn goch) ac a osodwyd i amddiffyn bryoffytâu a chennau sensitif (ym melyn). B) newidiadau yng nghanran yr ardal o dir yng Nghymru lle aethpwyd dros y Lefel Gritigol amonia wedi'i gosod i amddiffyn bryoffytâu a chennau sensitif yn 2010 - 2018. Data gan Rowe et al. (2022).

## 7.2 Ymrwymadau rhyngwladol

Rydym yn ddiolchgar i Adam Cole King, Ymgynghorydd Arbenigol Arweiniol ar Bolisi Bioamrywiaeth yn CNC am ei gymorth wrth lunio'r adran hon.

Mae gan Lywodraeth Cymru ymrwymadau o dan ddeddfwriaeth genedlaethol a chytuniadau. Mae Cymru'n destun Rheoliadau Cynefinoedd y DU, yn hytrach na Chyfarwyddeb Cynefinoedd yr UE. Fodd bynnag, mae sawl rhwymedigaeth statudol o dan y Rheoliadau Cynefinoedd sy'n berthnasol yng Nghymru (a gweddill y DU), sydd o hyd yn cael eu diffinio yn unol â darpariaethau'r Gyfarwyddeb Cynefinoedd, a Chyfarwyddeb Adar yr UE hefyd. Enghraifft yw'r ddyletswydd o dan Reoliad 9 i awdurdodau cymwys ystyried gofynion y Cyfarwyddebau Cynefinoedd ac Adar wrth gyflawni eu swyddogaethau. Yn ddiweddar, cynhaliwyd effaith barhaus y rhwymedigaeth hon mewn dyfarniad yr Uchel Lys<sup>1</sup> yn erbyn Asiantaeth yr Amgylchedd yn Lloegr. Ar hyn o bryd, mae'r gyfraith achosion ar ddehongli Cyfarwyddebau lle cyhoeddwyd dyfarniadau cyn Brexit yn dal i fod yn berthnasol mewn llysoedd y DU sy'n clywed achosion am gyfreithiau'r UE a gedwir.

Nid yw Cymru ei hun yn llofnodwr confensiynau rhyngwladol megis Confensiwn Amrywiaeth Fiolegol (CBD) y CH, confensiwn gwlyptiroedd Ramsar, a Chonfensiwn Bern ar warchod bywyd gwyllt Ewropeaidd. Fodd bynnag, mae'r DU yn llofnodwr y cytundebau rhyngwladol hyn, ac felly mae unrhyw rwymedigaethau sydd gan y DU yn eu sgil yr un mor berthnasol yng Nghymru. Nid yw dim un o'r tri chonfensiwn wedi'u trawsleoli i ddeddfwriaeth yn y DU, ac felly nid oes gan lywodraethau'r DU na Chymru unrhyw rwymedigaethau statudol sy'n gysylltiedig â nhw. Fodd bynnag, maent yn gosod rhwymedigaethau 'meddalach' ar y DU ac mae disgwyliad y bydd gweinyddiaethau datganoledig (GD) yn cyfrannu at eu cyflawni. Er enghraifft, bydd y tri ohonynt yn cynnwys ymrwymadau pendant i ddarparu adroddiadau cenedlaethol, ac mae gan LIC rwymedigaeth i gyfrannu at adroddiadau'r DU gyfan.

Menter polisi rhyngwladol pwysig arall yw'r targed "30 gan 30" i ddynodi 30% o dir a chefnforoedd y Ddaear yn ardaloedd a warchodir neu'n destun mesurau gwarchodaeth effeithiol sy'n seiliedig ar ardal, yr ymrwymodd Llywodraeth Cymru iddo yn 2021. Nid yw ansawdd aer yn gysylltiedig yn uniongyrchol â'r targed hwn, oherwydd er nad oes angen i'r ardaloedd fod dan reolaeth effeithiol, ar hyn o bryd, nid oes angen i ardaloedd gwarchoddedig fod mewn cyflwr ffafriol i gael eu cynnwys yn y 30%. Sut bynnag, nid yw'n glir eto a fydd yn rhaid i ardaloedd cynefinoedd beidio â mynd dros lwythau critigol a lefelau critigol i gael eu hystyried i fod mewn cyflwr ffafriol. Yn y data diweddaraf (ar gyfer 2019), roedd gormodedd llwyth critigol maetholyn-N mewn 96% o Safleoedd o Ddiddordeb Gwyddonol Arbennig yng Nghymru (Rowe et al., 2022).

Mae'r DU yn parhau i fod yn ymrwymedig i darged a fydd yn lleihau allyriadau amonia gan 16% rhwng 2015 a 2030, a osodwyd yn wreiddiol gan Gyfarwyddeb Terfynau Uchaf Allyriadau Cenedlaethol yr EU ac sy'n parhau o dan Reoliadau Terfynau Uchaf Allyriadau Cenedlaethol y DU. Mae Strategaeth Aer Glân 2019 yn nodi bod gan weinyddiaethau datganoledig rwymedigaeth i gyflawni'r un lleihad cyfrannol mewn allyriadau amonia.

---

<sup>1</sup> Harris ac Anor v Asiantaeth yr Amgylchedd [2022] EWHC 2264 (Gweinyddol) (06 Medi 2022). <https://www.bailii.org/ew/cases/EWHC/Admin/2022/2264.html>

## 7.3 Argymhelliad o'r angen am darged

Rydym ni'n argymhell datblygu un neu fwy o dargedau SMART mewn perthynas ag effeithiau llygredd aer ar fioamrywiaeth ac ecosystemau. Credir mai llygredd aer yw'r trydydd achos mwyaf o golled bioamrywiaeth yn y byd, yn dilyn y defnydd o dir a newid yn yr hinsawdd (Sala et al., 2000). Nid yw'r effeithiau hyn yn cael eu gwerthfawrogi'n eang, efallai oherwydd eu bod nhw'n ddichellgar. Mae'n anodd sylwi pan fydd rhywogaethau yn dod yn llai cyffredin dros ddegawdau ac yna'n diflannu, gan arwain at "brofiad o ddifodiant" (Miller, 2005). Prin yw'r astudiaethau sydd wedi mynd i'r afael ag effeithiau llygredd aer ar fioamrywiaeth yn benodol i Gymru, ond daeth astudiaeth CNC o'r macro-gen *Alectoria nigricans* i'r casgliad bod llygredd nitrogen wedi bod yn rheswm allweddol am golled y rhywogaeth hon o bob un o'r safleoedd ac eithrio un lle'r oedd yn bresennol o'r blaen (Turner, 2021).

Heb amheuaeth, mae ecosystemau Cymru wedi'u gwanhau gan lygredd aer. Byddai targed yn ddefnyddiol ar gyfer cynyddu ymwybyddiaeth o'r materion hyn. Byddai targed a grëwyd yn dda hefyd yn llywio polisiau a mesurau y mae angen eu cyflwyno i leihau effeithiau llygredd aer ar yr ecosystem.

## 8 CRYNODEB O'R METRIGAU POSIB

Mae targedau mwyaf defnyddiol wrth eu gosod mewn perthynas â metrig y gellir ei feintoli. Mae ystyriaethau trothwy, amserlen a maint gofodol eu crynhoi yn Table 8.1. ar gyfer mathau gwahanol o fetrigau. Mae'r cwestiynau hyn yn berthnasol i'r rhan fwyaf o lygrwyr. Mae'r metrigau sydd fwyaf berthnasol i effeithiau llygredd aer ar fioamrywiaeth ac ecosystemau wedi'u rhestru yn Table 8.2., sy'n canolbwyntio ar y math o lygrwr a'r llwybr amlygiad.

Mae'r maint gofodol er mwyn cyflawni'r targed yn ystyriaeth allweddol, oherwydd bydd yn pwysleisio a) adferiad cynefin mewn ardaloedd lle mae mwy o lygredd, b) amddiffyn meintiau eang o gynefinoedd sensitif, neu c) amddiffyn yr enghreifftiau ansawdd gorau o gynefinoedd. Pa bynnag penderfyniad sy'n cael ei wneud, bydd yn bwysig diffinio'n union y sail am fapio'r ardal darged, e.e. pa safleoedd sy'n cael eu hamddiffyn, pa gynefinoedd a sut y caiff mapiau eu diweddarau.

Tabl 8.1 Metrigau: ystyriaethau trothwy, amserlen a maint gofodol.

Metrig	Manteision
<b>Trothwy</b>	
Gormodedd lefel gritigol neu lwyth critigol, e.e. Gormodedd Nitrogen	- Yn cymryd i ystyriaeth gwytnwch ecosystem (sy'n amrywio gan ddibynnu ar y cynefin neu'r rhywogaethau)
Mesuriadau absoliwt o grynoad neu fflwcs	- Haws esbonio na gormodedd
<b>Amserlen</b>	
Cymedr blynyddol	- Mae angen mesuriadau llai aml na metrigau tymor canolig, ac mae data wedi'u modelu'n fwy sicr. - Mae'r rhan fwyaf o effeithiau ar fioamrywiaeth ac ecosystemau mewn perthynas â chymedr blynyddol.
Crynhoedd uchaf yn ystod cyfnod byrrach, e.e.	- Gallai adlewyrchu effeithiau aciwt uchafbwyntiau tymor-byr yn well
<b>Maint gofodol</b>	
Cymru gyfan	- Yn ystyried ardaloedd dinesig ac ardaloedd o gynefin sydd wedi dirywio
Cynefinoedd sensitif	- Yn canolbwyntio ar ardaloedd rydym ni'n gwybod eu bod nhw'n sensitif i lygredd aer
Ardaloedd adfer	- Yn cynnig ardaloedd sydd wedi'u targedu ar gyfer adfer cynefinoedd a gwella cysylltedd cynefinoedd
Safleoedd sydd wedi'u hamddiffyn (e.e. SDdGA)	- Yn canolbwyntio ar enghreifftiau ansawdd gorau o gynefinoedd a/neu rywogaethau sy'n arbennig o agored i niwed



Tabl 8.2 Metrigau: ystyriaethau o fath o lygrwr.

Metrig	Manteision	Anfanteision
Allyriadau NH <sub>3</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mae'n bosib dylanwadu ar bolisi a deddfwriaeth LIC</li> <li>- Wedi'i amcangyfrif yn flynyddol fel rhan o Restr Allyriadau Atmosfferig Genedlaethol y DU (ymagwedd fodol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ddim wedi'i gysylltu'n uniongyrchol â phwysau neu effeithiau ar ecosystemau</li> </ul>
Allyriadau NO <sub>x</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mae'n bosib dylanwadu ar bolisi a deddfwriaeth LIC</li> <li>- Wedi'i amcangyfrif yn flynyddol fel rhan o Restr Allyriadau Atmosfferig Genedlaethol y DU (ymagwedd fodol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ddim wedi'i gysylltu'n uniongyrchol â phwysau neu effeithiau ar ecosystemau</li> <li>- Eisoes yn cael ei lleihau, e.e. dan fentrau Sero Net</li> </ul>
Cyfanswm Dyddodiad N	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu'r pwysau llygredd atmosfferaid ar ecosystemau lle mae'r dystiolaeth gryfaf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mae mesur angen monitro dwys, gan gynnwys meteoroleg</li> <li>- Nid oes modd mesur rhai agweddau ar ddyddodiad N yn rheolaidd ar hyn o bryd</li> <li>- Mae tua 62% o ddyddodiad N yng Nghymru yn deillio o rywle arall felly nid yw'n gallu cael dylanwad uniongyrchol ar bolisiau LIC</li> </ul>
Cyfanswm dyddodiad asidedd	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu mecanwaith pwysig lle mae ecosystemau'n colli rhywogaethau a swyddogaeth</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mae mesur angen monitro dwys, gan gynnwys meteoroleg</li> <li>- Bellach yn cynnwys dyddodiad N yn bennaf, oherwydd bod llygredd S wedi'i wrthod</li> <li>- Mae canran fawr o ddyddodiad asidedd yng Nghymru yn deillio o rywle arall felly nid yw'n gallu cael dylanwad uniongyrchol ar bolisiau LIC</li> </ul>
Crynhoad amonia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu effeithiau gwenwynig ar NH<sub>3</sub></li> <li>- Mae crynhoad NH<sub>3</sub> yn ddylanwad pwysig ar gyfanswm fflwcs N</li> <li>- Mae canran uchel o amonia yn yr aer yng Nghymru'n deillio o ffynonellau Cymreig</li> <li>- Gellir ei fesur gan ddefnyddio samplwyr goddefol sy'n gymharol gost isel, sy'n caniatáu rhwydwaith monitro cymharol ddwys</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nid yn uniongyrchol gysylltiedig â phwysau ewtroffigedd oherwydd ei fod yn gyfanswm dyddodiad N</li> </ul>
Crynhoad NO <sub>x</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu effeithiau gwenwynig ar NO<sub>2</sub> a ffurfiau nwyol ocsidiedig o N</li> <li>- Gellir ei fesur yn defnyddio samplwyr goddefol</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llai o dystiolaeth o effeithiau gwenwynig uniongyrchol ar gyfer NO<sub>x</sub> na NH<sub>3</sub></li> <li>- Mae monitro NO<sub>x</sub> presennol y DU yn canolbwyntio'n bennaf ar agweddau ar iechyd dynol, ac mae samplwyr wedi'u lleoli'n briodol.</li> </ul>
Crynhoad oson	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu difrod i gnydau a choed</li> <li>- Gellir ei fesur yn defnyddio samplwyr goddefol sy'n gymharol gost-isel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nid yw effeithiau oson ar gynefinoedd rhannol-naturiol yn sefydledig da</li> </ul>
Dyddodi metalau	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu'r pwysau o fetalau gwenwynig megis plwm a mercwri.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nid ystyrir llygredd atmosfferaid drwy fetalau i fod yn bwysau mawr ar ecosystemau a bioamrywiaeth</li> </ul>
Dyddodiad microblastigion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Yn adlewyrchu pwysau o halogi ecosystem gan ronynnau plastig bach</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mae effeithiau microblastigion ar ecosystemau yn parhau i fod yn aneglur</li> </ul>

## 9 TRAFODAETH

Dosbarthwyd fersiwn ddrafft o'r ddogfen hon ym mis Awst 2022 i aelodau o is-grŵp CAAP. Cynhaliwyd cyfarfod ar-lein ar 20 Medi 2022 gyda chynrychiolwyr o LIC, y Cyd-bwyllgor Cadwraeth Natur (JNCC), CNC ac UKCEH (gweler aelodau'r is-grŵp isod). Roedd y pwyntiau allweddol a wnaed yn ystod y drafodaeth fel a ganlyn:

- Mae cynefinoedd sy'n sensitif iawn i lygredd aer wedi'u gwasgaru'n eang yng Nghymru. Mae ardaloedd mawr o gynefinoedd sy'n sensitif i faetholyn N a/neu lygredd asidedd yn uwchdiroedd Cymru, ond mae ardaloedd a darnau drwy gydol Cymru.
- Mae'n bwysig amddiffyn cynefinoedd ym mhob rhan o Gymru.
- Efallai y bydd angen am dargedau tymor byr, canolig a hir.
- Mae ffynonellau allyriadau amonia yn cael effeithiau lleol cryf ar gynefinoedd sensitif a safleoedd dynodedig gerllaw.
- Mae mesuriadau sy'n gwella ansawdd aer yn lleol yn debygol o hefyd leihau lledaeniad dros bellteroedd hir.
- Mae mynd dros lefel gritigol amonia yn ddangosydd gwell o niwed na chrynhoad amonia'n unig.
- Gallai targed mewn perthynas â safleoedd sy'n cael eu hamddiffyn fod yn briodol, ond nid yw asesu pa SDdGA sy'n arbennig o sensitif i amonia wedi'i gwblhau eto yng Nghymru.
- Byddai targed mewn perthynas â'r ardal o gynefinoedd sensitif yn fwy priodol na tharged ar gyfer Cymru gyfan. Mae sensitifrwydd cynefinoedd i ddyddodiad nitrogen ac i ddyddodiad asidedd wedi cael eu mapio, ond nid yw sensitifrwydd cynefinoedd i amonia nwyol wedi'u mapio.
- Mae ymhell dan 50% o Gymru bellach yn addas i fryoffytau a chennau sensitif, oherwydd llygredd amonia.
- Nid yw modelau atmosfferaid ar raddfa genedlaethol yn cynrychioli crynhoad a phatrymau dyddodiad o amgylch ffynonellau bach yn dda iawn, ond maent yn ddefnyddiol ar gyfer asesu patrymau ar raddfeydd mwy ac asesu ffynonellau ehangach llygredd mewn lleoliad penodol.
- Mae targedau ar gyfer gronynnau (PM<sub>2.5</sub>) mewn perthynas ag iechyd dynol yn cael eu datblygu mewn is-grŵp CAAP ar wahân. Mae'r targed hwn yn debygol o gael ei seilio'n uniongyrchol ar fesuriadau.
- Mae methiannau safleoedd i ennill Statws Cadwraeth Ffafirol yn gyffredinol oherwydd bod lefelau'n uwch na lefelau trothwy llygredd aer a dŵr, fell mae canolbwyntio ar leihau effeithiau llygredd aer yn hanfodol er mwyn bodloni'r targed "30 x 30" (gwarchod 30% o dir a môr y Ddaear erbyn 2030) o dan Fframwaith Bioamrywiaeth Fyd-eang Ôl-2020 y CU
- Gallai sail bosib ar gyfer y targed fod yn safleoedd nad ydynt yn cael eu hamddiffyn sy'n cael eu peryglu gan lygredd amonia, h.y. nad ydynt yn mynd dros y lefel gritigol.
- Yn ddelfrydol, caiff targed ei osod er mwyn bod cynnydd tuag at ei fodloni yn gallu cael ei gyflawni gan fesurau a gymerir yng Nghymru.
- Mae'n bwysig cadarnhau perthnasoedd rhwng targedau posib. Er enghraifft, mae lleihad mewn amonia nwyol yn debygol o leihau cyfanswm dyddodiad N, er bod hwnnw hefyd yn destun effaith ffactorau eraill.
- Gellid gosod targed gydag agweddau lluosog, e.e. lleihau crynhoad amonia absoliwt a mynd dros lefelau critigol. Fodd bynnag, gall targedau aml-ochrog fod yn gy mhleth, ac mae cyflawniad yn anos asesu.
- Os caiff targed(au) ansawdd aer eu cyflawni, bydd oedi o ran systemau ecolegol yn dal i olygu y bydd oedi mewn ymateb a dychwelyd system i gyflwr ffafirol. Efallai y bydd angen mesurau adfer/cadwraeth weithredol er mwyn sicrhau amddiffyniad bioamrywiaeth ac ecosystemau.

Cynhaliwyd ail gyfarfod o'r is-grŵp ar 15 Rhagfyr 2022, lle gwnaed y pwyntiau ychwanegol canlynol:

- Mae bryoffytau a chennau'n gydrannau pwysig o ecosystemau, gan gyfrannu at reoleiddio bwyd (drwy dderbyn dŵr glaw) a chreu mawn a chynig lloches i anifeiliaid di-asgwrn-cefn. Mae hyn yn dadlau dros bwysigrwydd cymedr blynyddol y lefel gritigol o  $1 \mu\text{g m}^{-3}$  ar gyfer y grwpiau hyn. Ar hyn o bryd, mae tua hanner Cymru (gweler Figure 7.2.) yn anaddas i fryoffytau a chennau sensitif oherwydd bod crynoddau amonia dros  $1 \mu\text{g m}^{-3}$ , ac felly mae gweithrediad ecosystemau wedi'i amharu ledled llawer o Gymru.
- Gellid seilio'r targed ar ddata **wedi'u mesur neu eu modelu**. Mae'r pwyntiau canlynol yn dadlau dros seilio'r targed ar ddata monitro:
  - a) Mae data monitro'n cynnig arwydd clir o ansawdd aer, y gellir eu hystyried i fod yn wrthrychol os ystyrir lleoliadau monitro'n ofalus ac mewn ffordd ddidduedd.
  - b) Mae targedau ansawdd aer ar gyfer iechyd cyhoeddus yn seiliedig ar ddata monitro'n unig.
  - c) Mae data wedi'u modelu'n destun newid, oherwydd newidiadau i'r dull model, neu newid model.
- Mae'r pwyntiau canlynol yn dadlau dros seilio'r targed ar ddata wedi'u modelu:
  - a) Yn gyffredinol, mae llygredd gronynnau (sef y prif achos ar gyfer effeithiau ar iechyd dynol) yn lleol, a gellir canolbwyntio'r monitro ar leoliadau hysbys. I'r gwrthwyneb, mae effeithiau llygredd amonia (sy'n straen allweddol ar ecosystemau) wedi'u gwasgaru.
  - b) Mae data wedi'u modelu'n fwy cadarn na mesuriadau pellenig.
  - c) Mae data monitro hefyd yn gallu newid, e.e. oherwydd newid i ddull neu ailffurfweddiad y rhwydwaith.
  - d) Gallai seilio targed ar ddata monitro arwain at roi'r mesuriadau ar waith mewn lleoliadau o amgylch pwyntiau monitro yn hytrach na mynd i'r afael â'r materion ehangach.
  - e) Gellir creu allbynnau model ar gyfer Cymru gyfan, ac felly ystyried ardaloedd lle mae bylchau yn y rhwydwaith monitro.
- Mae data wedi'u mesur ac wedi'u modelu yn gallu bod yn destun camgymeriadau a thueddiad. Bydd mesuriadau gwell o lygredd atmosfferaid, e.e. drwy rwydwaith monitro amonia helaeth, yn hanfodol p'un ai bod y targed wedi'i seilio ar ddata modelu neu fesuriadau uniongyrchol. Gellir gwella cywirdeb y data wedi'u modelu yn sylweddol drwy galibradu mesuriadau, a defnyddir yr ymagwedd hon i greu'r data sy'n cael eu defnyddio yn yr adroddiad UK Trends Report (Rowe et al., 2022).
- Mae'r Cynllun Ffermio Cynaliadwy yn debygol o gael ei roi ar waith yn 2025. Yn ddelfrydol, byddai gwaelodlin monitro'n cael ei sefydlu yn 2024, fel y gellir asesu effeithiau'r cynllun ar ansawdd aer.
- Gellid seilio'r targed ar ddata **cenedlaethol neu leol**. Cyflwynwyd dadleuon yn erbyn targedau ar raddfa genedlaethol:
  - a) Gellir bodloni targed cenedlaethol drwy leihau pwysau llygredd yn yr ardaloedd lle mae'r effaith fwyaf ar hyn o bryd, ond heb leihau llygredd mewn ardaloedd nad oes fawr o effaith ar hyn o bryd.
  - b) Gallai targed cenedlaethol annog gweithredoedd anghymesur megis lleihau llygredd mewn ardaloedd lle mae'n uchel ar hyn o bryd, lle gallai fod yn fwy effeithiol i dargedu mesurau ar ardaloedd lle mae ecosystemau a bioamrywiaeth bresennol yn fwy sensitif i bwysau llygrwyr, e.e. yn fwy anghysbell a/neu safleoedd sydd wedi'u hamddiffyn.

- Cyflwynwyd dadleuon ar gyfer targed mewn perthynas ag ardal gyfan Cymru hefyd:
  - a) Mae effeithiau ar weithrediad ecosystemau ar draws ardal fawr o Gymru (gweler y nodyn uchod ar bwysigrwydd bryoffytau).
  - b) Ni fyddai targed o'r fath yn destun newid oherwydd newidiadau mewn dulliau mapio cynefinoedd, ffiniau safleoedd wedi'u hamddiffyn a dynodiadau etc.
  - c) Byddai targed o'r fath yn glir ac yn hawdd ei gyfathrebu.
  - d) Mae'n bwysig cadw bioamrywiaeth yn agos i ganolfannau poblogaeth yn ogystal ag ardaloedd sy'n gymharol anghysbell.
  - e) Caiff amonia ei ddsbarthu'n eang, felly bydd mesurau i leihau allyriadau mewn ardaloedd gymharol lygredig hefyd yn lleihau amlygiad i amonia mewn ardaloedd sy'n gymharol gysefin, yn ogystal â chyfanswm dyddodiad N.
  - f) Bydd targed eang i Gymru'n haws cyfiawnhau a chyfathrebu na thargedau y gellid eu dehongli fel rhai sy'n canolbwyntio ar sectorau neu leoliadau penodol, e.e. Ffermydd unigol sy'n agos i ardaloedd wedi'u hamddiffyn.
- Byddai targed newid-perthynol (er enghraifft, gostyngiad o x % yn yr ardal lle eir dros y llwyth critigol) yn fwy cadarn yn erbyn newidiadau i'r mesuriad a/neu ddull modelu na tharged newid-absoliwt (er enghraifft, x % o Gymru'n is na'r llwyth critigol), ar yr amod bod yr un dull yn cael ei ddefnyddio ar gyfer y waelodlin a'r blynyddoedd targed.
- Fodd bynnag, byddai targed newid-perthynol yn dal i fod yn destun newid model i ryw raddau.
- Gallai fod yn bosib datblygu ymagwedd asesu sy'n ymagwedd monitro a modelu hybrid, e.e. drwy galibradu allbynnau model i fesuriadau.
- Rhaid peidio â drysu unrhyw darged a osodir ar gyfer ansawdd aer mewn perthynas â bioamrywiaeth ac ecosystemau â thargedau ar gyfer cyflwr cynefin.
- Cytunodd pawb yn y cyfarfod i argymhell y dylid seilio targed Cymru ar gyfer ansawdd aer mewn perthynas ag ecosystemau a bioamrywiaeth ar:
  - a) Crynhoad amonia (NH<sub>3</sub>).
  - b) Ardal sydd wedi mynd dros gymedr blynyddol y lefel critigol 1 µg NH<sub>3</sub> m<sup>-3</sup>, a osodwyd i amddiffyn bryoffytau a chennau sensitif (gweler Figure 7.2).
  - c) Data ar gyfer Cymru gyfan, yn hytrach na safleoedd sy'n cael eu hamddiffyn, cynefinoedd sensitif neu ardaloedd lleol eraill.
  - d) Data wedi'u modelu wedi'u calibradu i fesuriadau.
  - e) Newid perthynol o werthoedd gwaelodlin.

## 10 ARGYMHELLION

### 10.1 Argymhellion cyffredinol

Os yw Llywodraeth Cymru'n mynd i fabwysiadu targed mewn perthynas ag effeithiau llygredd aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth, argymhellir y canlynol:

- a) Mae'r targed yn seiliedig ar sail metrig penodol, unigol a ddiffiniwyd yn glir.
- b) Caiff y dyddiad cyflawni a'r gwerth targed ar gyfer y metrig eu penderfynu ar ôl modelu senario.
- c) Os caiff metrig sy' seiliedig ar newid perthynol dros amser, mae'n glir pun yw'r flwyddyn waelodlin.
- d) Os caiff metrig sy'n seiliedig ar newid canran ei ddefnyddio, mae'n glir at beth mae'r ganran yn cyfeirio, er enghraifft canran yr ardal o dir (newid absoliwt), neu ganran y gwerth gwaelodlin (newid perthynol).
- e) Mae'r metrig yn seiliedig ar grynhoad amonia yn yr aer, oherwydd bod gan grynhoad amonia: effeithiau uniongyrchol ar rywogaethau ac ecosystemau; mae'n uniongyrchol berthnasol i gyfanswm N a chyfanswm dyddodiad asidedd, sy'n brif achosion colled bioamrywiaeth yng Nghymru; mae wedi'i ddylanwadu'n gryf gan allyriadau y tu mewn i Gymru; nid yw'n lleihau ar hyn o bryd, i'r gwrthwyneb i allyriadau NO<sub>x</sub> sy'n gysylltiedig â'r defnydd o danwydd ffosil; mae'n gymharol rwydd i'w fonitro.
- f) Nid yw'r metrig yn seiliedig ar NO<sub>x</sub>, mhetalau trymion, oson na llygrwr sy'n dod i'r amlwg, megis microblastigion. Mae pwysigrwydd llygredd NO<sub>x</sub> a metalau trymion yn dirywio ledled Cymru; mae effeithiau oson ar gymunedau rhannol naturiol yn aneglur, ac mae tystiolaeth ar gyfer effeithiau llygrwyr sy'n dod i'r amlwg yn gyfyngedig.
- g) Yn benodol, mae'r metrig yn seiliedig ar fynd dros gymedr blynyddol y lefel gritigol o 1 µg m<sup>-3</sup>, a osodwyd i amddiffyn bryoffytau a chennau sensitif (gweler Figure 7.2).
- h) Mae cynnydd tuag at y targed ei asesu'n bennaf gan ddefnyddio data wedi'u modelu, wedi'u calibradu yn erbyn mesuriadau o'r rhwydwaith monitro amonia. Gall data wedi'u modelu ddarparu asesiad cynhwysfawr ar gyfer Cymru gyfan, neu ardaloedd penodol. Er bod mesuriadau'n cynnig tystiolaeth fwy empirig, maent wedi'u dylanwadu gan amrywiaeth o flwyddyn i flwyddyn mewn meteoroleg, a bydd effaith arnynt gan unrhyw newidiadau i'r rhwydwaith mesur yn y dyfodol. Mae rhwydwaith monitro amonia presennol Cymru yn cynnig tystiolaeth gyfyngedig, yn enwedig ar gyfer ardaloedd gwledig ac uwchdiroedd, a rhaid parhau ag ymdrechion i wella'r rhwydwaith mesur a sicrhau bod data wedi'u modelu'n cynnig cynrychiolaeth gywir o realiti.
- i) Mae'r metrig yn seiliedig ar Gymru gyfan, nid yn unig ar safleoedd wedi'u hamddiffyn neu ardaloedd cynefin wedi'u mapio, oherwydd ei bod hi'n bwysig amddiffyn rhywogaethau a chynefinoedd sensitif ledled Cymru.
- j) Dylid cadw'r dewis o darged a metrig dan adolygiad rhag ofn y bydd llygrwyr sy'n dod i'r amlwg a/neu dystiolaeth newydd am effeithiau llygrwyr aer ar ecosystemau a bioamrywiaeth

### 10.2 Argymhelliad penodol

Y metrig mae is-grŵp CAAP yn ei argymhell yw:

**Ardal o Gymru lle mae crynhoad cymedr blynyddol amonia'n uwch na'r lefel gritigol o 1 µg m<sup>-3</sup>.**

## 11 CYFEIRIADAU

- Agathokleous, E., Feng, Z.Z., Oksanen, E., Sicard, P., Wang, Q., Saitanis, C.J., Araminiene, V., Blande, J.D., Hayes, F., Calatayud, V., Domingos, M., Veresoglou, S.D., Penuelas, J., Wardle, D.A., De Marco, A., Li, Z.Z., Harmens, H., Yuan, X.Y., Vitale, M., Paoletti, E. (2020) Ozone affects plant, insect, and soil microbial communities: A threat to terrestrial ecosystems and biodiversity. *Science Advances* 6.
- Akimoto, H. (2003) Global air quality and pollution. *Science* 302, 1716-1719.
- AQC, (2018) Ashdown Forest SAC Air Quality Monitoring and Modelling, Volume 1. Air Quality Consultants Ltd., p. 555.
- Asplund, J., Wardle, D.A. (2017) How lichens impact on terrestrial community and ecosystem properties. *Biological Reviews* 92, 1720-1738.
- Barton, M.G., Henderson, I., Border, J.A., Siriwardena, G. (2023) A review of the impacts of air pollution on terrestrial birds. *Science of the Total Environment* 873.
- Bergmann, E., Bender, J., Weigel, H.J. (2017) Impact of tropospheric ozone on terrestrial biodiversity: A literature analysis to identify ozone sensitive taxa. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 90.
- Bobbink, R., Hicks, K., Galloway, J., Spranger, T., Alkemade, R., Ashmore, M., Bustamante, M., Cinderby, S., Davidson, E., Dentener, F., Emmett, B., Erisman, J.W., Fenn, M., Gilliam, F., Nordin, A., Pardo, L., De Vries, W. (2010) Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications* 20, 30-59.
- Bobbink, R., Loran, C., Tomassen, H., (2022) Review and revision of empirical critical loads of nitrogen for Europe. German Environment Agency (UBA), p. 358.
- Calvete-Sogo, H., Gonzalez-Fernandez, I., Sanz, J., Elvira, S., Alonso, R., Garcia-Gomez, H., Ibanez-Ruiz, M.A., Bermejo-Bermejo, V. (2016) Heterogeneous responses to ozone and nitrogen alter the species composition of Mediterranean annual pastures. *Oecologia* 181, 1055-1067.
- Chevalier, A., Gheusi, F., Delmas, R., Ordonez, C., Sarrat, C., Zbinden, R., Thouret, V., Athier, G., Cousin, J.M. (2007) Influence of altitude on ozone levels and variability in the lower troposphere: a ground-based study for western Europe over the period 2001-2004. *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 4311-4326.
- Defra, (2019) Clean Air Strategy 2019. <https://www.gov.uk/government/publications/clean-air-strategy-2019>.
- Evans, C.D., Chadwick, T., Norris, D., Rowe, E.C., Heaton, T.H.E., Brown, P., Battarbee, R.W. (2014) Persistent surface water acidification in an organic soil-dominated upland region subject to high atmospheric deposition: The North York Moors, UK. *Ecological Indicators* 37, 304-316.
- Hautier, Y., Niklaus, P.A., Hector, A. (2009) Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication. *Science* 324, 636-638.
- Hayes, F., (2022) Does ozone pollution in the UK affect native vegetation and why should we care., Community of Air Pollution Effects Researchers (CAPER) conference., Swansea, 22 – 23 March 2022.
- Hayes, F., Lloyd, B., Mills, G., Jones, L., Dore, A.J., Carnell, E., Vieno, M., Dise, N., Fenner, N. (2019) Impact of long-term nitrogen deposition on the response of dune grassland ecosystems to elevated summer ozone. *Environmental Pollution* 253, 821-830.
- Hayes, F., Mills, G., Jones, L., Abbott, J., Ashmore, M., Barnes, J., Cape, J.N., Coyle, M., Peacock, S., Rintoul, N., Toet, S., Wedlich, K., Wyness, K. (2016) Consistent ozone-induced decreases in pasture forage quality across several grassland types and consequences for UK lamb production. *Science of the Total Environment* 543, 336-346.

Henrys, P.A., Stevens, C.J., Smart, S.M., Maskell, L.C., Walker, K.J., Preston, C.D., Crowe, A., Rowe, E.C., Gowing, D.J., Emmett, B.A. (2011) Impacts of nitrogen deposition on vascular plants in Britain: An analysis of two national observation networks. *Biogeosciences* 8, 3501-3518.

Hewitt, D.K.L., Mills, G., Hayes, F., Norris, D., Coyle, M., Wilkinson, S., Davies, W. (2016) N-fixation in legumes - An assessment of the potential threat posed by ozone pollution. *Environmental Pollution* 208, 909-918.

Hodgson, J.G., Tallwin, J., Dennis, R.L.H., Thompson, K., Poschlod, P., Dhanoa, M.S., Charles, M., Jones, G., Wilson, P., Band, S.R., Bogaard, A., Palmer, C., Carter, G., Hynd, A. (2014) Leaf nitrogen and canopy height identify processes leading to plant and butterfly diversity loss in agricultural landscapes. *Functional Ecology* 28, 1284-1291.

Hughes, S., Reynolds, B., Norris, D.A., Brittain, S.A., Dere, A.L., Woods, C., Armstrong, L.K., Harman, S.A., Wickham, H.D. (2012) Recovery of sulfate saturated soils in the Plynllynon catchments, mid-Wales following reductions in atmospheric S inputs from the 1980s to 2011. *Journal of Environmental Monitoring* 14, 1531-1541.

Miller, J.R. (2005) Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology & Evolution* 20, 430-434.

Mills, G., Sharps, K., Simpson, D., Pleijel, H., Frei, M., Burkey, K., Emberson, L., Uddling, J., Broberg, M., Feng, Z.Z., Kobayashi, K., Agrawal, M. (2018) Closing the global ozone yield gap: Quantification and cobenefits for multistress tolerance. *Global Change Biology* 24, 4869-4893.

Monks, P.S., Archibald, A.T., Colette, A., Cooper, O., Coyle, M., Derwent, R., Fowler, D., Granier, C., Law, K.S., Mills, G.E., Stevenson, D.S., Tarasova, O., Thouret, V., von Schneidmesser, E., Sommariva, R., Wild, O., Williams, M.L. (2015) Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics* 15, 8889-8973.

Muehleisen, A.J., Watkins, C.R.E., Altmire, G.R., Shaw, E.A., Case, M.F., Aoyama, L., Brambila, A., Reed, P.B., LaForgia, M., Borer, E.T., Seabloom, E.W., Bakker, J.D., Amillas, C.A., Biederman, L., Chen, Q.Q., Cleland, E.E., Fay, P.A., Hagenah, N., Harpole, S., Hautier, Y., Henning, J.A., Knops, J.M.H., Komatsu, K.J., Ladouceur, E., MacDougall, A., McCulley, R.L., Moore, J.L., Ohlert, T., Power, S.A., Stevens, C.J., Wilfahrt, P., Hallett, L.M. (2022) Nutrient addition drives declines in grassland species richness primarily via enhanced species loss. *Journal of Ecology*.

Nijssen, M.E., WallisDeVries, M.F., Siepel, H. (2017) Pathways for the effects of increased nitrogen deposition on fauna. *Biological Conservation* 212, 423-431.

Ormerod, S.J., Durance, I. (2009) Restoration and recovery from acidification in upland Welsh streams over 25 years. *Journal of Applied Ecology* 46, 164-174.

Payne, R.J., Campbell, C., Britton, A.J., Mitchell, R.J., Pakeman, R.J., Jones, L., Ross, L.C., Stevens, C.J., Field, C., Caporn, S.J.M., Carroll, J., Edmondson, J.L., Carnell, E.J., Tomlinson, S., Dore, A.J., Dise, N., Dragosits, U. (2019) What is the most ecologically-meaningful metric of nitrogen deposition? *Environmental Pollution* 247, 319-331.

Pescott, O.L., Simkin, J.M., August, T.A., Randle, Z., Dore, A.J., Botham, M.S. (2015) Air pollution and its effects on lichens, bryophytes, and lichen-feeding Lepidoptera: review and evidence from biological records. *Biological Journal of the Linnean Society* 115, 611-635.

Reuss, J.O., Johnson, D.W. (1986) Acid deposition and the acidification of soils and waters. *Ecological studies* 59, Springer -Verlag New York Inc.

Reynolds, B., Chamberlain, P.M., Poskitt, J., Woods, C., Scott, W.A., Rowe, E.C., Robinson, D.A., Frogbrook, Z.L., Keith, A.M., Henrys, P.A., Black, H.I.J., Emmett, B.A. (2013) Countryside Survey: National 'soil change' 1978-2007 for topsoils in Great Britain – acidity, carbon and total nitrogen status. *Vadose Zone Journal*.

- Rowe, E., Hina, N., Carnell, E., Vieno, M., Levy, P., Raine, B., Sawicka, K., Tomlinson, S., Martín Hernandez, C., Jones, L., (2022) Trends Report 2022: Trends in critical load and critical level exceedances in the UK. Report to Defra under Contract AQ0849. CEH Project: 07617., p. 85.
- Rowe, E., Hina, N., Carnell, E., Vieno, M., Levy, P., Raine, B., Sawicka, K., Tomlinson, S., Martín Hernandez, C., Jones, L., (in prep) Air Pollution Trends Report 2023: Critical Load and Critical Level exceedances in the UK. Report to Defra under Contract AQ0849. CEH Project: 07617., p. 85.
- Rowe, E., Sawicka, K., Tomlinson, S., Levy, P., Banin, L.F., Martín Hernandez, C., Fitch, A., Jones, L., (2021) Trends Report 2021: Trends in critical load and critical level exceedances in the UK. Report to Defra under Contract AQ0849. CEH Project: 07617., p. 67.
- Rowe, E.C., Jones, L., Dise, N.B., Evans, C.D., Mills, G., Hall, J., Stevens, C.J., Mitchell, R.J., Field, C., Caporn, S.J., Helliwell, R.C., Britton, A.J., Sutton, M., Payne, R.J., Vieno, M., Dore, A.J., Emmett, B.A. (2017) Metrics for evaluating the ecological benefits of decreased nitrogen deposition. *Biological Conservation* 212, 454-463.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000) Biodiversity - Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287, 1770-1774.
- Seaton, F.M., Robinson, D.A., Monteith, D., Lebron, I., Burkner, P., Tomlinson, S., Emmett, B.A., Smart, S.M. (2023) Fifty years of reduction in sulphur deposition drives recovery in soil pH and plant communities. *Journal of Ecology* 111, 464-478.
- Sicard, P., Agathokleous, E., Araminiene, V., Carrari, E., Hoshika, Y., De Marco, A., Paoletti, E. (2018) Should we see urban trees as effective solutions to reduce increasing ozone levels in cities? *Environmental Pollution* 243, 163-176.
- Sicard, P., De Marco, A., Agathokleous, E., Feng, Z., Xu, X., Paoletti, E., Dieguez Rodriguez, J.J., Catalayud, V. (2020) Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment* 735, 139532.
- Singh, A., Agrawal, M. (2008) Acid rain and its ecological consequences. *Journal of Environmental Biology* 29, 15-24.
- Stevens, C.J., David, T.I., Storkey, J. (2018) Atmospheric nitrogen deposition in terrestrial ecosystems: Its impact on plant communities and consequences across trophic levels. *Functional Ecology* 32, 1757-1769.
- Stevens, C.J., Manning, P., van den Berg, L.J.L., de Graaf, M.C.C., Wamelink, G.W.W., Boxman, A.W., Bleeker, A., Vergeer, P., Arroniz-Crespo, M., Limpens, J., Lamers, L.P.M., Bobbink, R., Dorland, E. (2011a) Ecosystem responses to reduced and oxidised nitrogen inputs in European terrestrial habitats. *Environmental Pollution* 159, 665-676.
- Stevens, C.J., Smart, S.M., Henrys, P.A., Maskell, L.C., Crowe, A., Simkin, J., Cheffings, C.M., Whitfield, C., Gowing, D.J.G., Rowe, E.C., Dore, A.J., Emmett, B.A. (2012) Terricolous lichens as indicators of nitrogen deposition: Evidence from national records. *Ecological Indicators* 20, 196-203.
- Stevens, C.J., Smart, S.M., Henrys, P.A., Maskell, L.C., Walker, K.J., Preston, C.D., Crowe, A., Rowe, E.C., Gowing, D.J., Emmett, B.A., (2011b) Collation of evidence of nitrogen impacts on vegetation in relation to UK biodiversity objectives. JNCC Report 447. JNCC, Peterborough, UK.
- Turner, A., (2021) Surveillance of the montane macrolichen *Alectoria nigricans* in Snowdonia, 2020. Natural Resources Wales. NRW Evidence Report 509., p. 35.
- Verheyen, K., De Frenne, P., Baeten, L., Waller, D.M., Hedl, R., Perring, M.P., Blondeel, H., Brunet, J., Chudomelova, M., Decocq, G., De Lombaerde, E., Depauw, L., Dirnbock, T., Durak, T., Eriksson, O., Gilliam, F.S., Heinken, T., Heinrichs, S., Hermy, M., Jaroszewicz, B., Jenkins, M.A., Johnson, S.E., Kirby, K.J., Kopecky, M., Landuyt, D., Lenoir, J., Li, D.J., Macek, M., Maes, S.L., Malis, F., Mitchell, F.J.G., Naaf, T., Peterken, G., Petrik, P., Reczynska, K., Rogers, D.A., Schei, F.H., Schmidt, W.,



Standovar, T., Swierkosz, K., Ujhazy, K., Van Calster, H., Vellend, M., Vild, O., Woods, K., Wulf, M., Bernhardt-Romermann, M. (2017) Combining Biodiversity Resurveys across Regions to Advance Global Change Research. *Bioscience* 67, 73-83.

Wallis de Vries, M.F., Van Swaay, C.A.M. (2006) Global warming and excess nitrogen may induce butterfly decline by microclimatic cooling. *Global Change Biology* 12, 1620-1626

Swyddfa Rhaglen ERAMMP  
Canolfan Ecoleg a Hydroleg y DU  
Canolfan Angylchedd Cymru  
Ffordd Deiniol  
Bangor, Gwynedd  
LL57 2UW  
+ 44 (0)1248 374500  
[erammp@ceh.ac.uk](mailto:erammp@ceh.ac.uk)

[www.erammp.cymru](http://www.erammp.cymru)

[www.erammp.wales](http://www.erammp.wales)