

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

Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 21: Dadansoddiad GMEP i Ddod Rhan 2 - Adolygu Tueddiadau mewn Carbon Uwchbridd o CS2007 i GMEP 2013-2016

Alison, J., Robinson, D., Smart, S.M., Thomas, A. & Emmett, B.A.
Canolfan Ecoleg & Hydroleg

Cyfeirnod Cleient: Llywodraeth Cymru / Contract C210/2016/2017

Fersiwn 1.0

Dyddiad 30/09/2019



Rhaglen/Prosiect Rhaglen Fonitro a Modelu Materion Amgylchedd a Gwledig (ERAMMP)

Teitl Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 21:
Dadansoddiad GMEP i Ddod Rhan 2 - Adolygu Tueddiadau mewn Carbon
Uwchbridd o CS2007 i GMEP 2013-2016

Cleient Llywodraeth Cymru

Cyfeirnod C210/2016/2017 NEC06297 Tasg 8.4.2

Manylion cyswllt CEH Bronwen Williams
Canolfan Ecoleg a Hydroleg, Canolfan Amgylchedd Cymru, Ffordd Deiniol,
Bangor, Gwynedd, LL57 2UW
t: 01248 374500
e: erammp@ceh.ac.uk

Awdur Gohebol Jamie Alison, CEH

Sut i gyfeirio (hir) Alison, J., Emmett, B.A., Robinson, D.A., Smart, A.M. & Thomas, A. (2019)
Rhaglen Fonitro a Modelu Materion Amgylchedd a Materion Gwledig
(ERAMMP) **Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 21: Dadansoddiad GMEP
i Ddod Rhan 2 - Adolygu Tueddiadau mewn Carbon Uwchbridd o
CS2007 i GMEP 2013-2016.** Adrodd i Lywodraeth Cymru (Contract
C210/2016/2017). Prosiect Canolfan Ecoleg a Hydroleg NEC06297.

Sut i gyfeirio (byr) Alison, J. et al. (2019) **Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 21:
Dadansoddiad GMEP i Ddod Rhan 2 - Adolygu Tueddiadau mewn
Carbon Uwchbridd o CS2007 i GMEP 2013-2016.** Adroddiad i
Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017)(CEH NEC06297)

Cymeradwywyd gan James Skates

Llofnodwyd

Hanes Fersiwn

Fersiwn	Diweddarwyd Gan	Dyddiad	Newidiadau
0.1	Swyddfa Rheoli Rhaglenni	30/4/19	Drafft cyntaf.
0.11	Swyddfa Rheoli Rhaglenni	8/5/19	Golygiadau fformatio yn bennaf – drafft ar gyfer SG
0.13	Swyddfa Rheoli Rhaglenni	16/9/19	Golygiadau fformatio
0.14	Swyddfa Rheoli Rhaglenni	27/9/19	Wedi'i gymeradwyo i'w gyhoeddi
1.0	Swyddfa Rheoli Rhaglenni	30/9/19	Cyhoeddedig

Cynnwys

1	Crynodeb.....	2
2	Rhagymadrodd.....	3
2.1	Tueddiadau C pridd o GMEP	3
2.1.1	Cyfyngiadau allweddol o dueddiadau CS-GMEP.....	4
2.2	Nodau a chwmpas.....	5
3	Lleoli dirywiadau carbon cynefin: Uwchdiroedd neu diroedd isel?.....	6
3.1	Pam ystyried uchder?.....	6
3.2	Dulliau	7
3.3	Canlyniadau	7
3.4	Camau nesaf	7
4	Mae carbon yn dirywio mewn cynefinoedd uwchdir: Dolenni i llysdyfiant a hinsawdd	9
4.1	Pam ystyried llysdyfiant a hinsawdd?.....	9
4.2	Dulliau	10
4.2.1	Echdynnu data C pridd o gynefinoedd uwchdir.....	10
4.2.2	Data hinsawdd, llysdyfiant a dyddodiad asid	10
4.2.3	Gosod model a dewis model.....	12
4.3	Canlyniadau	12
4.3.1	Gorchudd llwyni	12
4.3.2	Mawn dwfn isorweddol.....	13
4.3.3	Gwlybaniaeth hinsoddol.....	13
4.3.4	Effeithiau eraill	13
4.4	Tystiolaeth o swyddogaeth newid llysdyfiant ar garbon uwchbridd o safleoedd trawsnewid Arolwg Cefn Gwlad.....	16
4.5	Camau nesaf	16
5	Casgliadau ac Argymhellion	18
6	Cyfeiriadau	20
7	Atodiadau	21
	Atodiad 1	21
	Atodiad 2	22

Mae'r talfyriadau a rhai o'r termau technegol a ddefnyddir yn yr adroddiad yma wedi esbonio yn rhestr geirfa'r prosiect: <https://erammp.wales/en/glossary> (Saesneg) a <https://erammp.cymru/geirfa> (Cymraeg).

1 Crynodeb

Cyflawnwyd dadansoddiad newydd i archwilio'r golled a adroddwyd o C uwchbridd rhwng 2007 a 2016 yn y categori 'Cynefin' yn yr adroddiad GMEP terfynol. Mae'r categori 'Cynefin' hwn yn cael ei ddiffinio fel pob cynefin ac eithrio coetiroedd, glaswelltir â'r ac wedi ei wella.

Cafodd y sgwariau arolwg GMEP eu dewis gan ddefnyddio protocolau Arolwg Cen Gwlad wedi eu haenu yn ôl Dosbarthiadau Tir. Mae'r sampl arolwg GMEP terfynol o 2012-2016 yn cynnwys 7% o sgwariau Arolwg Cefn Gwlad a gafodd eu harolygu o'r blaen. Roedd angen dadansoddi ychwanegol i archwilio, a chyfrif am, symudiadau heb eu bwriadu mewn amrywiaethau amgylcheddol a allai fod wedi cyfrannu at y dirywiad carbon uwchbridd a adroddwyd.

Mae'r canlyniadau yn dangos:

1. Bod y newid a adroddir yn y categori 'Cynefin' yn cael ei yrru gan dueddiadau mewn cynefinoedd uwchdir (uchder canolrifol o 400m).
2. Mewn cynefinoedd uwchdir, mae carbon pridd yn cael ei gysylltu'n gadarnhaol gyda gorchudd llwyn corachaid (yn enwedig rhostir e.e. gorchudd grug), *Migwyn*, presenoldeb mawn, uchder ac amodau lleithder.
3. Roedd y gorchudd o lwyni corachaid yn is mewn GMEP nac yn Arolwg Cefn Gwlad 2007, yn bennaf oherwydd cost is rhostiroedd, hynny yw, grug. Mae hyn yn gyson â charbon pridd yn gostwng mewn cynefinoedd uwchdir. Nid oedd amrywiadau eraill (hynny yw, gyrwyr posibl) yn gwahaniaethu rhwng arolygon, na chyfeiriad newid yn anghyson â thueddiadau C a adroddwyd.
4. Mae ailddadansoddiad o ddata Arolwg Cefn Gwlad (1978-2007) yn darparu tystiolaeth bod symudiadau tros amser o lwyni corachaid i gynefinoedd wedi eu rheoli gan laswellt yn gysylltiedig â dirywiad mewn carbon uwchbridd.
5. Yn gyffredinol, mae hyn yn awgrymu rôl bosibl o newid llystyfiant parhaol mewn cynefinoedd uwchdir (hynny yw, trosi o lwyn corachaid i reoledig gan laswellt) gan gyfrannu at golled carbon uwchbridd.

Mae angen gwaith ychwanegol i:

- gadarnhau newid llystyfiant diweddar mewn cynefinoedd uwchdir gan ddefnyddio data annibynnol e.e. data lloeren;
- Archwilio perthnasoedd rhwng rhywogaethau planhigion penodol a charbon uwchbridd mewn Arolwg Cefn Gwlad lle mae gennym nifer uchel o samplau ailadrodd gwirioneddol;

Mae'r gwaith hwn yn amlygu'r pwysigrwydd o ganfyddiadau'r arolwg ERAMMP nesaf, fydd yn fwy pwerus na'r dull CS-GMEP cyfunol sy'n cael ei adrodd yma.

2 Rhagymadrodd

Mae carbon pridd organig (SOC) yn hanfodol ar gyfer maeth planhigion a chynhyrchiant, ac yn gyfrannwr allweddol at strwythur pridd. Ymhellach, mae priddoedd yn chwarae rhan hanfodol mewn cynhyrchiant ac atafaelu nwyon tŷ gwydr (GHGs) fel CO₂ a CH₄¹. Oherwydd bod SOC yn ategu cynhyrchu bwyd yn ogystal â lliniaru newid hinsawdd, mae'n cael ei ystyried yn adnodd naturiol gwerthfawr iawn.

Mae strwythurau polisi yng Nghymru^{2,3} yn amlinellu pwerau a chyfrifoldebau ar gyfer cyrff cyhoeddus i:

- 'Ddadgarboneiddio' a mynd i'r afael â newid hinsawdd
- Sicrhau bod adnoddau naturiol yn cael eu rheoli mewn ffordd gynaliadwy

Nid oes modd gweithredu ar y pwyntiau hyn heb dystiolaeth glir ar y cyflwr presennol, a thueddiadau diweddar, o SOC yng Nghymru. Mae hyn yn cael ei adlewyrchu yng nghynhwysiad SOC fel un o'r 46 Dangosydd Cenedlaethol Llesiant Cenedlaethau'r Dyfodol (Rhif 13). Darparodd y Rhaglen Fonitro a Gwerthuso Glastir (GMEP) giplun cynrychioladol o lefelau SOC ar draws pob defnydd tir cyffredin yng Nghymru o 2013-2016⁴. Yn hollbwysig, gellir rhoi mesuriadau GMEP SOC i mewn i gyd-destun data cydnaws o gydran Gymreig yr Arolwg Cefn Gwlad⁵ (CS).

2.1 Tueddiadau C pridd o GMEP



Roedd gan GMEP ddwy gydran, y ddwy â 150 o sgwariau arolwg 1km:

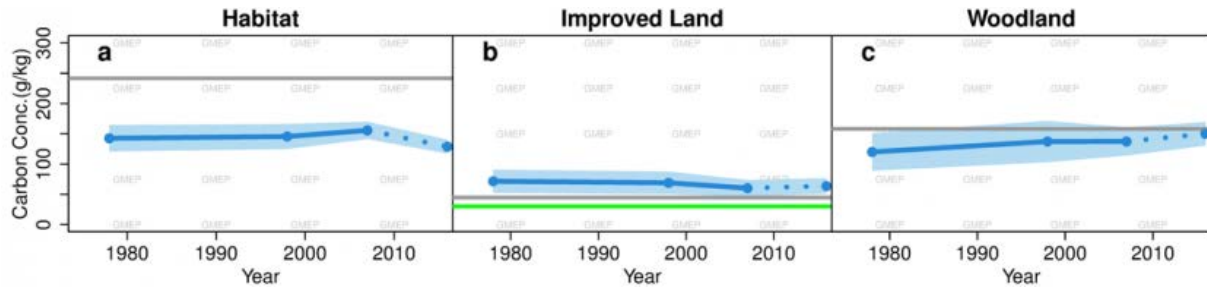
- 1) **Cymru Ehangach:** Cynrychioladol o gefn gwlad Cymru. Wedi eu haenu ar hap ar draws dosbarthiadau tir. **Cyson â CS.**
- 2) **Targedwyd:** Targedwyd tuag at dir o dan Glastir. Sgwariau wedi eu dewis yn seiliedig ar set ddeinamig o feini prawf fel yr amlinellir yn adroddiadau GMEP.

Mae trafodaeth a dadansoddiad yn y bennod hon yn canolbwyntio'n llwyr ar y gydran Cymru Ehangach i ddiben cynrychiolaeth a chysondeb â CS.

Er i GMEP fynd ati i sefydlu gwaelodlin ar gyfer monitro amgylcheddol yn y dyfodol yng Nghymru⁴, caniatodd hefyd archwilio tueddiadau mewn nodweddion pridd ers 1978. Roedd hyn yn bosibl oherwydd i fesuriadau SOC o CS gael eu casglu a'u prosesu gan ddefnyddio methodoleg sy'n gyson â GMEP; cafodd mesuriadau colled ar danio (LOI) eu cymryd o sampl wedi ei haenu ar hap o gefn gwlad Cymru. Gall LOI gael ei drosi i SOC gan ddefnyddio fformiwla safonol. Cafodd tueddiadau mewn C uwchbridd rhwng CS a GMEP eu harchwilio ar draws tri phrif fath o ddefnydd tir, wedi eu diffinio yn seiliedig ar ddsbarthiadau cynefin bras a gafodd eu gwneud gan arolygwyr maes ar adeg sampl:

- **Coetir:** Mae'n cynnwys "Coetir dail llydan cymysg ac ywen" a "Choetir coniferaidd"
- **Tir wedi ei wella:** Mae'n cynnwys "Âr a garddwriaethol" a "Glaswelltir wedi ei wella"
- **Cynefin:** Mae'n cynnwys pob cynefin bras heb fod yn goetir a heb ei wella

Dangosodd canlyniadau'r tueddiadau gynnydd heb fod yn arwyddocaol mewn C uwchbridd mewn coetir a thir wedi ei wella, ond tuedd negyddol arwyddocaol ar dir cynefin⁴ (Figur.1). Mae'r canlyniad hwn o bryder mawr, oherwydd bod data CS a GMEP hefyd yn dangos bod tir cynefin yn cynrychioli pwll llawer mwy o C uwchbridd na choetir neu dir wedi ei wella.



Ffigur 1. Tueddiadau mewn crynhoad carbon a adroddir o dan GMEP4 ar draws Cymru mewn tri math o ddefnydd tir: “Cynefin”, “Tir wedi ei wella” a “Choetir” (gweler adran 1.1 am fanylion). Mae'r tri phwynt tua'r chwith i bob graff yn deillio o sgwariau CS a arolygwyd yng Nghymru yn 1978, 1998 and 2007. Mae'r pwynt ar y dde i bob graff yn deillio o'r 150 o sgwariau GMEP Cymru ehangach a arolygwyd yn 2013-2016. Mae llinellau llwyd yn gyfartaleddau Prydain ar gyfer y defnydd tir hwnnw o ddata CS. Mae llinellau gwyrdd yn drothwyau na ddylai llinellau glas syrthio oddi tanynt.

2.1.1 Cyfyngiadau allweddol o dueddiadau CS-GMEP

Trwy gydol y bennod hon mae'n bwysig i gydnabod cyfyngiadau tueddiadau sy'n cymharu data pridd rhwng arolygon CS a GMEP:

Mae tueddiadau yn deillio o samplau penodol o'r un boblogaeth ystadegol

Cafodd 107 o sgwariau CS 2007, a 150 o sgwariau “Cymru ehangach” GMEP, eu dewis i samlo'r un boblogaeth. Mae'r boblogaeth honno oll yn sgwariau 1km yng nghefn gwlad Cymru, wedi eu haenu ar gyfer cynrychiolaeth gyfrannol pob dosbarth tir fesul arwynebedd⁵. Fodd bynnag, rhwng y ddau arolwg dim ond 21 sgwar sy'n cyd-daro'n hollol. Mae amrywiaeth gynhenid yn gysylltiedig â thueddiadau sy'n deillio o ddau sampl neilltuol ar hap, mewn gwrthgyferbyniad ag un sampl a gofnodir yn gyson ar draws pwyntiau amser. Am y rheswm hwn bydd canlyniadau'r arolwg maes ERAMMP o ddiddordeb mawr.

Gallai plotiau fod wedi cael eu trawsnewid mewn defnydd tir rhwng arolygon

Mae'r mathau o ddefnydd tir sy'n cael eu defnyddio ar gyfer adrodd GMEP - “tir cynefin”, “tir wedi ei wella” a “choetir” - wedi eu diffinio yn seiliedig ar wybodaeth gynefin fras a gofnodir gan arolygwyr maes ar adeg sampl. Gallai fod yn rhesymol i gymryd bod arolygwyr wedi cofnodi cynefin bras mewn dull cyson rhwng CS 2007 a GMEP fel y cawsant eu hyfforddi gan yr un staff CEH. Fodd bynnag, gallai plot neilltuol fod wedi trawsnewid mewn math o gynefin bras rhwng y ddau arolwg, sydd â goblygiadau ar gyfer tueddiadau C pridd. Mae trawsnewidiadau cynefin a'u goblygiadau yn cael eu trafod yn fanylach yn adran 4.

2.2 Nodau a chwmpas

Rydym yn archwilio tueddiadau mewn C uwchbridd ymhellach wedi eu harsylwi o dan GMEP, yn enwedig ar dir cynefin. Gan ddefnyddio data priddoedd o CS 2007 a GMEP, yn ogystal â setiau data annibynnol amgylcheddol, atebwn y cwestiynau allweddol canlynol:

- 1) **Adran 2 – Uwchdiroedd neu diroedd isel:** Ydy gostyngiadau mewn C uwchbridd yn fwy dwys ar uchderau uwch?
- 2) **Adran 3 – Effeithiau hinsawdd a llysdwyfiant:** Pa amrywiaethau amgylcheddol sy'n gysylltiedig â C uwchbridd mewn cynefinoedd uwchdir?
- 3) **Adran 3 – Gyrwyr tueddiadau C pridd:** Allai tueddiadau mewn amrywiaethau amgylcheddol ategu newid mewn C uwchbridd mewn cynefinoedd uwchdir?
- 4) **Adran 4 – Trawsnewidiadau uwchdir:** Oes unrhyw dystiolaeth o drawsnewidiadau defnydd tir rhwng CS 2007 a GMEP a allai esbonio tueddiadau a arsylwir?

3 Lleoli dirywiadau carbon cynefin: Uwchdiroedd neu diroedd isel?

3.1 Pam ystyried uchder?

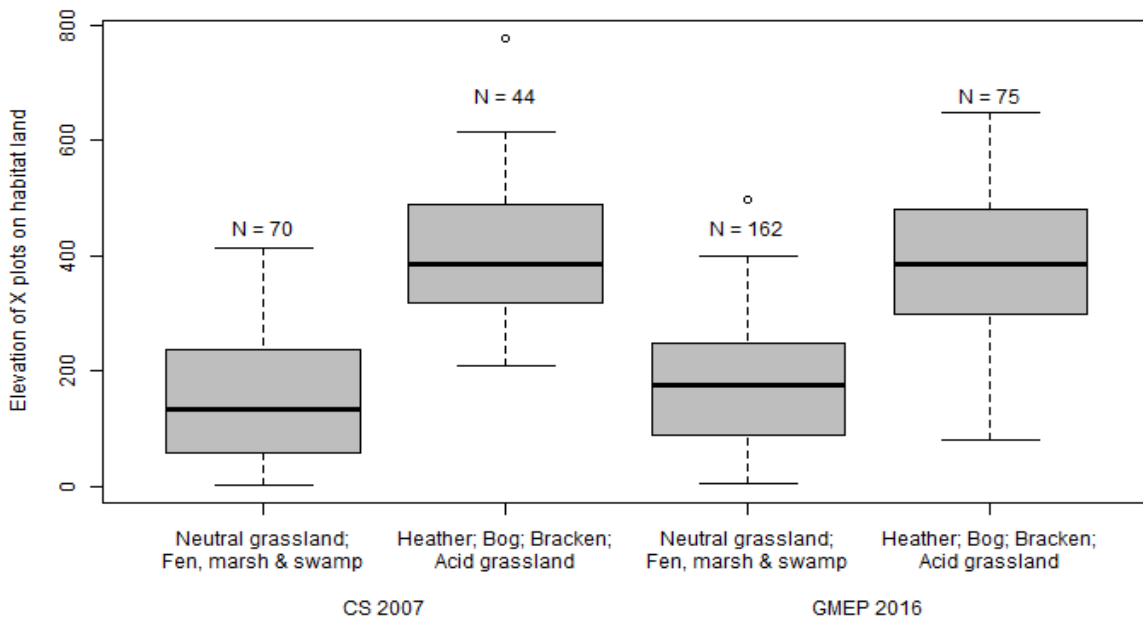
Mae gwybodaeth manylder uchel (5m) ar uchder ar gael o dan ERAMMP trwy'r model Tir Digidol NextMap⁶ (DTM). Mae'r wybodaeth yn ddefnyddiol i ddangos tueddiadau mewn C pridd am y rhesymau canlynol:

Mae uchder yn brocsi pwerus dros amrywiaethau amgylcheddol eraill

Mae amrywiaeth enfawr o ffactorau yn effeithio crynhoad carbon yn yr uwchbridd. Mae'r ffactorau hyn yn cynnwys, ond heb fod yn gyfyngedig i, deunydd cysefin y pridd, tymheredd, gwaddodiad, dyddodiad asid, defnydd tir, amaethyddiaeth a draeniad⁷. Mae'r ffactorau hyn yn tueddu i arddangos rhyw ffurf o gydberthynas ag uchder ar draws Cymru (e.e. Ffigur. 2 yn dangos cydberthynas rhwng uchder a defnydd tir). Bydd haenu tueddiadau rhwng yr uwchdiroedd a thiroedd isel yn meithrin damcaniaethau mwy soffistigedig am yrwyr newid mewn C pridd rhwng CS a GMEP.

Mae rheoli ar gyfer uchder yn ystadegol ddefnyddiol

Mae sgwariau arolwg yn CS a GMEP yn bennaf heb fod yn yr un lleoliadau. Fel y cyfryw gallai fod amrywiaeth ar hap mewn uchder sgwariau ar draws y ddau arolwg, gyda chanlyniadau posibl i C pridd er i ddull cyson yn defnyddio Dosbarthiadau Tir ITE gael ei ddefnyddio i sicrhau cydnawsedd. Mae uchder yn weddol gyson o fewn cynefinoedd uwchdir a thir isel rhwng y ddau arolwg (Ffigur. 2). Fodd bynnag, mae gan gynefinoedd tir isel gynrychiolaeth ychydig yn uwch yn GMEP nac yn CS (gweler rhifau uwchben plotiau blwch, Ffigur. 2). Wrth gynnwys uchder mewn modelau ystadegol, gallwn fod yn hyderus nad yw'r duedd rhwng y ddau arolwg yn cael ei hategu gan duedd ar hap mewn uchder.



Figur 2. Gall uchder wahaniaethu rhwng cynefinoedd bras a blynyddoedd. Uchder (metrau) o "blotiau X" (plotiau wedi eu lleoli ar hap lle cafodd llysydfiant a phriddoedd eu samplo) fel y cafodd ei ddsbarthu rhwng dau is-set o "dir cynefin" ar draws y ddau arolwg. Mae llinellau trwchus du yn dangos y canolrif, blychau llwyd yn dangos yr ystod rhyngchwartel a N yn cynrychioli'r nifer o blotiau ym mhob categori. Tra nad yw uchder dwy

set o gynefinoedd bras ar gyfartaledd yn gwahaniaethu rhwng arolygon, mae gan Laswelltir niwtral a Chorstir, mignen a chors gynrychiolaeth gyfrannol uwch yn GMEP nac sydd ganddynt yn CS.

3.2 Dulliau

Fel yn adroddiad terfynol GMEP⁴, defnyddion ni fodolau effeithiau cymysg llinellol wedi eu cyffredinoli (GLMMs) i ddadansoddi newid mewn C uwchbridd rhwng CS a GMEP. Caniataon ni i dueddiadau wahaniaethu rhwng grwpiau defnydd tir bras (tir cynefin, tir wedi ei wella a choetir) yn seiliedig ar ddsbarthiadau cynefin bras a wnaed gan arolygwyr maes. Bu i ni hefyd gyfrif am strwythur gofodol yr arolygon gan ddefnyddio effeithiau ar hap.

Rydym yn gwella ar ddadansoddi blaenorol wrth ganiatáu i dueddiadau C pridd amrywio nid yn unig rhwng defnyddiau tir, ond hefyd gydag uchder. Canolbwyntion ni yn unig ar y data o CS 2007 a GMEP, gan mai dyma'r cyfnod amser perthnasol i'r gostyngiad C ar dir cynefin. Cafodd data uchder o'r DTM NextMap⁶ (manylder 5m) eu tynnu i leoliadau sampl pridd gan ddefnyddio ArcMap 10.6⁸. Er mwyn cysondeb gyda dadansoddiadau blaenorol, gosodon ni GLMMs gyda strwythurau gwall Gaussian yn R 3.5.2.⁹ gan ddefnyddio'r pecyn *lme4*¹⁰. Adeliadon ni 3 model:

- **Model 1: Model cyfatebol i'r model GMEP** yn caniatáu i dueddiadau C pridd amrywio rhwng mathau o ddefnydd tir.
- **Model 2:** Model sy'n caniatáu i dueddiadau amrywio gydag uchder. Mae effeithiau uchder ar C pridd yr **un peth** ar draws mathau o ddefnydd tir.
- **Model 3:** Model sy'n cyfateb i fodel 2, heblaw fod effeithiau uchder ar duedd C pridd yn **wahanol** rhwng mathau o ddefnydd tir (e.e. mae uchder yn effeithio tueddiadau mewn tir cynefin, ond nid coetir).

Sgorion ni'r tri model yn seiliedig ar "Feini Prawf Gwybodaeth Akaike" (AIC)¹¹. Gan y model â'r AIC isaf mae'r cydweddiad gorau â'r data, tra nad yw'n orgymhleth.

3.3 Canlyniadau

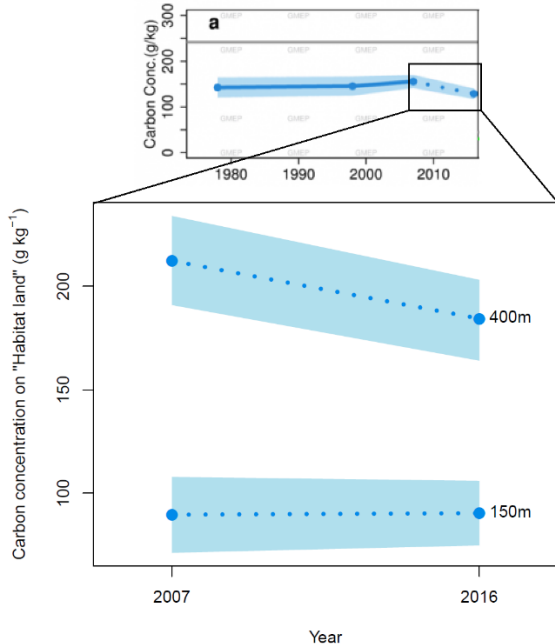
Y model gorau yn ôl AIC oedd Model 3. Mae hyn yn dangos bod uchder yn effeithio goledf tuedd C y pridd, ond ar "dir cynefin" yn unig (Ffigur. 3). Mae C uwchbridd ar dir cynefin yn sefylog i raddau helaeth ar dir isel. Fodd bynnag, ar gyfer pob 100m o gynnydd mewn uchder, mae'r duedd rhwng y ddau arolwg yn mynd yn fwy serth o - 11.4 g/kg. Roedd AIC o Fodel 3 35.26 yn is na'r model gorau nesaf, gan awgrymu cydweddiad sylweddol well â'r data (gweler Atodiad 1 am fanylion) ac yn egluro bod y duedd yn SOC yn cael ei chadarnhau ar gyfer tir cynefin ond roedd yn ddiweddar yn unig ar uchderau uwch.

3.4 Camau nesaf

Wrth gynnwys uchder mewn dadansoddiad o dueddiadau C pridd, rydym wedi:

- 1) *Sicrhau nad yw'r duedd mewn C uwchbridd wedi ei ategu gan wahaniaethau cynnil mewn uchder rhwng samplau CS 2007 a GMEP.*
- 2) *Olrhain gostyngiadau C uwchbridd i dir cynefin mewn ardaloedd uwchdir o Gymru.*
- 3) *Meithrin damcaniaethau mwy soffistigedig am yrwyr newidiadau mewn C uwchbridd.*

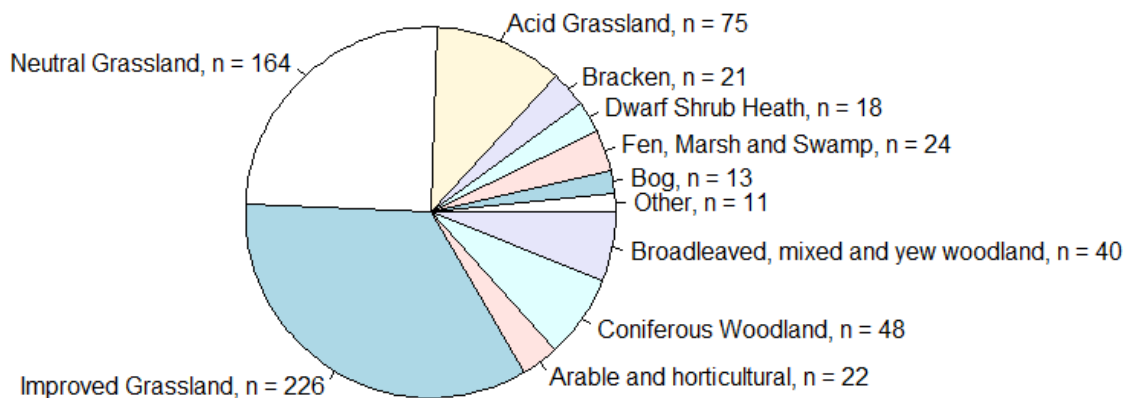
Mae ardaloedd uwchdir yn oerach, gwlypach ac o bosibl yn fwy sensitif i newidiadau mewn amodau hinsoddol nac ardaloedd tir isel. Gallai tueddiadau mewn C uwchbridd gael eu gyrru gan newidiadau hinsoddol sydd naill ai'n fwy sylweddol, neu'n cael mwy o effaith, ar uchder uchel. Bydd adran 3 yn cynnwys setiau data cenedlaethol ar dymheredd, gwaddodiad ac anwedd-drydarthiad i ddeall ai hyn yw'r gwir.



Figur 3. Mae tueddiadau carbon rhwng CS 2007 a GMEP yn fwy negyddol yn yr uwchdiroedd. Mae'r panel uchaf yn dangos y duedd wreiddiol mewn C uwchbridd ar dir cynefin o CS 1978, 1998 a 2007 hyd at GMEP 2016. Mae'r llinell las solet yn cynrychioli cyfartaleddau wedi eu modelu trwy gydol CS. Mae'r llinell las ddotiog yn dangos newid rhwng CS 2007 a GMEP. Mae'r llinell lwyd yn dangos cyfartaledd Prydain Fawr o 1978 – 2007, i ddarparu cyd-destun. Mae'r ardal las olau yn cynrychioli'r saib hyder 95% ar gyfer cyfartaleddau wedi eu modelu.

Mae'r panel gwaelod yn dangos cyfartaleddau wedi eu modelu o C uwchbridd ar dir cynefin rhwng CS 2007 a GMEP ar ddau uchder, yn seiliedig ar y model gwell. Mae'r uchderau hyn yn cyfateb yn fras i'r gwerthoedd canol ar gyfer y grwpiau cynefin bras gwahanol a ddangosir yn Ffigur. 2. Tra bor'r duedd rhwng CS 2007 a GMEP yn ymddangos i ddal ar 400m, nid oes unrhyw ostyngiad arwyddocaol ar 150m.

Ymhellach, mae cynefinoedd uwchdir yn cynnwys nodweddion llysdwyfiant gwahanol iawn o gymharu â chynefinoedd tir isel (Ffigur. 2). Mae glaswelltir niwtral yn cyfrif am ~50% o "dir cynefin" a ~25% o gefn gwlad Cymru (Ffigur. 4), ond mae'n digwydd yn bennaf o dan 200m (Ffigur. 2). Fel y cyfryw, gallai tueddiadau pridd fod yn gysylltiedig â thueddiadau mewn llysdwyfiant uwchdir gan gynnwys rhedyn, grug a chors Migwyn (Ffigur. 4). Bydd adran 3 yn gwneud defnydd o ddata llysdwyfiant ansawdd uchel sy'n cael eu casglu o dan CS a GMEP i weld (1) a newidiodd llysdwyfiant cryfaf nodweddiadol rhwng y ddau arolwg, ac (2) a fyddai'r newidiadau hynny yn ategu tueddiadau mewn C uwchbridd.



Figur 4. Y dosbarthiad samplau pridd ar draws cynefinoedd bras yn arolwg maes y GMEP. Mae hanner uchaf y siart bastai yn cynnwys "tir cynefin", tra bo'r hanner isaf yn cynnwys "tir wedi ei wella" (glaswelltir wedi ei wella; â'r garddwriaethol) a "choetir" (dail llydan, coetir cymysg ac ywen; coetir coniferaidd). Gydag eithriad "corstir, mignen a gwern", mae'r dadansoddiad presennol yn awgrymu bod y cynefinoedd bras yn ochr dde uchaf y bastai yn ategu'r duedd mewn C pridd rhwng CS a GMEP.

4 Mae carbon yn dirywio mewn cynefinoedd uwchdir: Dolenni i lysdyfiant a hinsawdd

4.1 Pam ystyried llysdyfiant a hinsawdd?

Yn yr adran hon rydym yn profi damcaniaethau mwy soffistigedig ynglŷn â gyrwyr y patrymau a thueddiadau mewn C pridd mewn cynefinoedd uwchdir. Rydym yn profi effeithiau amrywiaeth o amrywiadau ar C pridd (gweler Tabl 1), gan ganiatáu i rai effeithiau fod yn wahanol mewn goleddf neu gyfeiriad rhwng arolygon.

Tabl 1. Prif amrywiadau a ddefnyddir i fodelu C uwchbridd, a chyfiawnhadau dros gynnwys pob amrywiad. Caniaton ni hefyd i gyfeiriad rhai amrywiadau wahaniaethu rhwng CS 2007 a GMEP 2016. Er enghraifft, gallai cyfansoddiad rhywogaeth llwyni fod wedi newid rhwng CS a GMEP. Pe byddai hyn yn wir, galledd ddisgwyl i oleddf y berthynas rhwng gorchudd llwyni a C uwchbridd wahaniaethu rhwng arolygon.

Amrywiad a ddefnyddir i fodelu C uwchbridd	Cyfiawnhad	Prawf am newid yng nghyfeiriad effaith rhwng arolygon?
Gwlybanaeth hinsoddol – gwaddodiad blynyddol cymedrig – anwedd-drydarthiad cymedrig posibl (MAP-PET, mm)	Credir bod gwlybanaeth, a chyfyngiad ocsigen cyfatebol, yn yrrwr allweddol i ddeinameg pH a C pridd.	Ydy – mae'n addysgiadol i wybod a darfydd ar berthynas garbon-gwlybanaeth rhwng arolygon.
Tymheredd – tymheredd blynyddol cymedrig (°C)	Mae tymheredd yn cyfyngu ar gynhyrchiant planhigion, gan effeithio o bosibl ar C pridd yn ymgasglu e.e. o ddeunydd planhigion marw.	Na
Dyddodiad asid – sylffwr heb fod yn forol, (cilogyfatebwyr h ⁻¹ blwyddyn ⁻¹)	Perthynas gadarnhaol rhwng asidrwydd a C pridd yn cael ei sefydlu. Mae'n hysbys fod dyddodiad asid wedi gostwng yn y blynyddoedd diweddar.	Na
Gorchudd llwyni – gorchudd cyfan o rug Rhostir; eithin <i>Eithinen</i> ; llus duon bach <i>Llusyn</i> (%)	Mae llwyni yn effeithio gwlybanaeth pridd a dyfnder proffil carbon organig pridd. ¹² Maen nhw'n ymatebol i reolaeth tir.	Gallai – gallai cyfansoddiad rhywogaeth gorchudd llwyni wahaniaethu rhwng arolygon, gan effeithio perthynas rhwng C pridd a gorchudd llwyni.
Gorchudd rhedyn – <i>Pteridium aquilinum</i> (%)	Fe'i hystyrir yn chwyn goresgynnol. Mae mesurau rheoli rhedyn wedi cael eu dangos i effeithio nodweddion pridd. ¹³	Na
Gorchudd migwyn (%)	Cysylltiedig â ffurfiad mawn a chrynhoad C pridd. ¹⁴	Na
Mawn dwfn – presenoldeb mawn isorweddol >0.4m	Disgwylir i ddeinameg pridd wahaniaethu rhwng mawn dwfn a phriddoedd organo-fwnol.	Gallai – gallai ardaloedd heb fawn dwfn isorweddol fod yn fwy agored i ostyngiadau mewn C uwchbridd
Rhyngweithiad gwlybanaeth a mawn dwfn	Oherwydd draeniad uchel, gallai gwaddodiad a gwlybanaeth fod yn hanfodol ar briddoedd	Na

Amrywiad a ddefnyddir i fodelu C uwchbridd	Cyfiawnhad	Prawf am newid yng nghyfeiriad effaith rhwng arolygon?
	organo-fwnol heb unrhyw fawn isorweddol.	
Uchder	Dangosir yn adran 2 i fod yn ragwelydd da o batrymau a thueddiadau mewn C uwchbridd.	Na
Tuedd arolwg – newid C pridd yn briodoladwy i yrwyr eraill	Mae unrhyw dueddiadau sydd ddim yn cael eu hesbonio gan y ffactorau uchod yn dal i gael eu cynrychioli yn y model.	-

Am yr amrywiadau amgylcheddol yn Nhabl 1, gofynnwn:

- 1) Beth yw'r berthynas (os o gwbl) rhwng pob amrywiad a chrynhoad C uwchbridd?
- 2) Ar gyfer is-set o amrywiadau perthnasol, ydy goleddf neu gyfeiriad y berthynas â C uwchbridd yn amrywio rhwng CS 2007 a GMEP?
- 3) O ystyried y perthnasoedd uchod, beth yw cyfraniad disgwylidig pob amrywiad at y duedd C pridd mewn cynefinoedd uwchdir yng Nghymru?

4.2 Dulliau

4.2.1 Echdynnu data C pridd o gynefinoedd uwchdir

Echdynnon ni ddata C pridd ar gyfer cynefinoedd uwchdir fel y diffiniwyd gan ddata synhwyro o bell o'r Map Gorchudd Tir 2015¹⁵ (LCM). Pan mae gwybodaeth am gynefin o ddau gyfnod gwahanol o amser yn cael ei defnyddio i gynhyrchu tuedd C, mae dehongli'r duedd honno yn gymhleth (gweler adran 1.1.1 am fanylion). Felly, defnyddion ni wybodaeth annibynnol, gyson dros amser i echdynnu samplau pridd cynefin uwchdir; sicrhodd hyn nad oedd tueddiadau C yn cael eu cuddio gan drawsnewidiadau cynefin bras. Fodd bynnag, gweler adran 4 am ymchwiliad i dueddiadau C gan ddilyn trawsnewidiadau cynefin a arsylwyd mewn nifer fach o sgwariau ailadrodd gwirioneddol.

Dewison ni'r holl gofnodion C pridd o CS 2007 a GMEP oedd yn "laswelltir asid", "gwern", "grug" neu "laswelltir grug" yn ôl y LCM. Mae Ffigur. 5 yn dangos dosbarthiad y cynefinoedd hyn; maen nhw'n meddiannu'r mwyafrif o dir uwchben 250m o uchder yng Nghymru, a phrin y bodolant o dan 250m. Tra bo'r LCM yn ein galluogi i echdynnu data yn gyson ar draws y ddau arolwg, mewn dadansoddiadau pellach defnyddion ni orchudd llysdwyfiant o fewn 2m o sampl y pridd i ddeall effaith mathau o gynefinoedd ar C uwchbridd.

4.2.2 Data hinsawdd, llysdwyfiant a dyddodiad asid

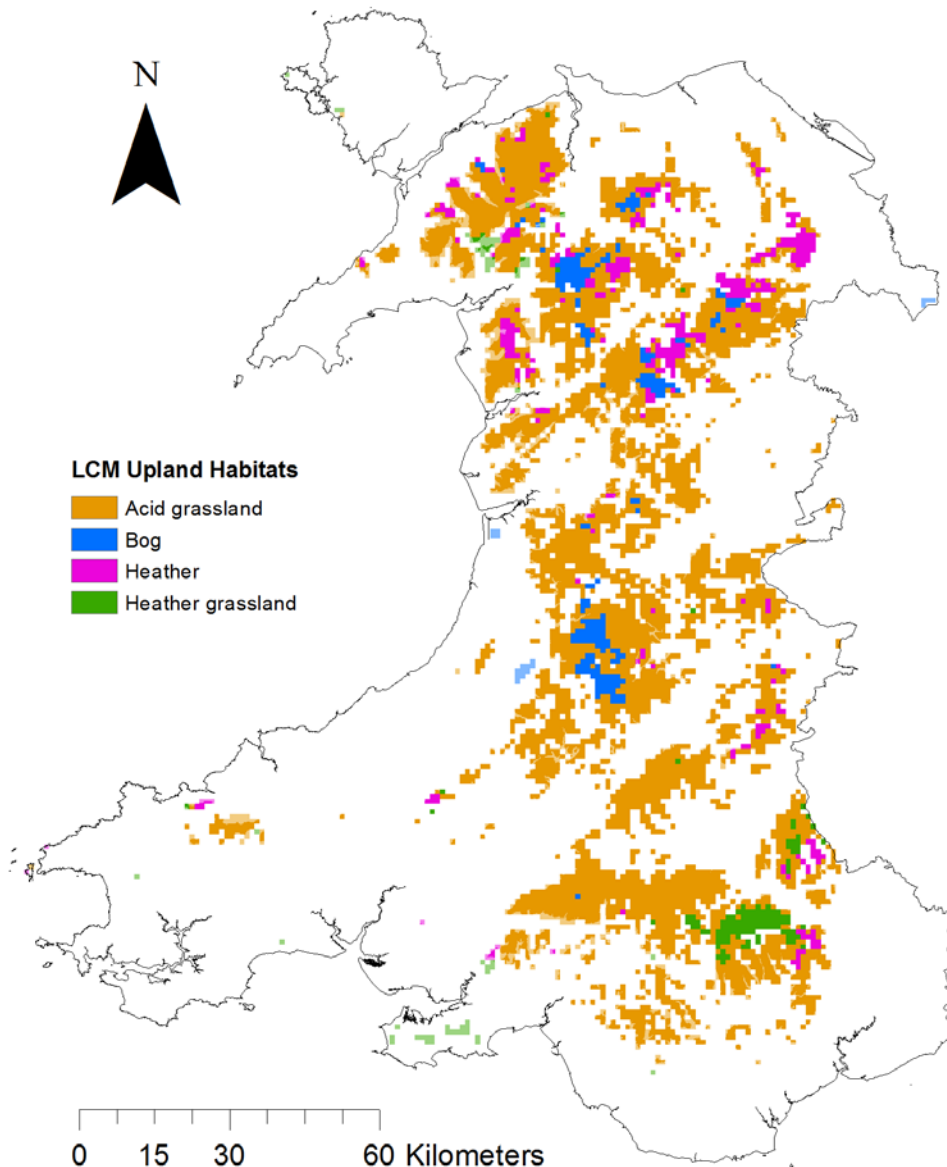
Cafodd data tymheredd, gwaddodiad ac anwedd-drydarthiad posibl o 2003-2015 ar fanylder 1km eu lawrlwytho o'r gronfa ddata CHESS^{16,17}. I bob sampl pridd, echdynnon ni'r tymheredd blynyddol cymedrig (°C), gwaddodiad cymedrig (mm) ac anwedd-drydarthiad posibl cymedrig (mm) am 5 mlynedd hyd at ac yn cynnwys y flwyddyn y cymerwyd y sampl. Felly, am sampl a gymerwyd yn CS 2007 defnyddion ni gyfartaleddau hinsawdd o 2003-2007 yn gynhwysol. Fodd bynnag, am samplau

GMEP a gymerwyd yn 2016, defnyddion ni gyfartaleddau hinsawdd o 2011-2015 yn gynhwysol (nid oedd data CHESS ar gael ar gyfer 2016).

Echdynnwyd data gorchudd llysdyfiant o'r cronfeydd data CS a GMEP ac yn berthynol i bob sampl pridd yn seiliedig ar ddynodwyr plot unigryw. Am bob sampl pridd echdynnon ni'r gorchudd o dri grŵp llysdyfiant; (1) is-set o dacsonau llwyni nodweddiadol (popeth o is-deulu Grug, *Eithin* a *Llusyn*), (2) rhedyn *Pteridium aquilinum* a (3) phob *rhywogaeth* mwsogl Migwyn.

Cafodd samplau pridd ei dosbarthu yn gorwedd ar fawn dwfn (>0.4m) os oeddent yn syrthio o fewn y map mawn unedig a gynhyrwyd yn ystod GMEP⁴. Mae polygonau'r map mawn unedig yn dod â gwybodaeth ynghyd ar orchudd mawn dwfn o'r Gymdeithas Ddaearogol Brydeinig, y Comisiwn Coedwigaeth ac Adnoddau Naturiol Cymru.

Yn olaf, cafodd data dyddodiad asid eu lawr lwytho ar fanylder 5km am ddau gyfnod o amser, 2005-2007 a 2012-2014, o'r gronfa ddata Dyddodiad Amcangyfrifedig Seiliedig ar Grynodiad¹⁸ (CBED).



Ffigur 5. Dosbarthiad cynefinoedd uwchdir (glaswelltir asid, gwern, grug a glaswelltir grug) yng Nghymru yn ôl y Map Gorchudd Tir 2015 (LCM). Yn yr ychydig iawn o ardaloedd lle mae cynefinoedd yn syrthio islaw uchder o 250m, dangosir lliwiau wedi pylu (e.e. glaswelltir grug ar benrhyn Gŵyr, glaswelltiroedd asid a grug ymylol yn Eryri). Mae data LCM yn cael eu dangos ar fanylder 1km.

4.2.3 Gosod model a dewis model

Fel yn adran 2, defnyddion ni fodelau effeithiau cymysg llinellol cyffredinoledig (GLMMs) i ddadansoddi newid mewn C uwchbridd gan ddefnyddio data o CS 2007 a GMEP. Fel yr amlinellwyd yn adran 3.2.1, canolbwyntion ni ar leoliadau oedd yn syrthio i gategoriâu cynefin uwchdir yn LCM 2015. Bu i ni hefyd gyfrif am strwythur gofodol yr arolygon gan ddefnyddio effeithiau ar hap.

Yn y dadansoddiad hwn rydym yn profi am effeithiau pob gyrrwr a restrir yn Nhabl 1. Cafodd amrywiadau amgylcheddol eu hechdynnu i leoliadau sampl pridd gan ddefnyddio ArcMap 10.6⁸. Mae crynodiad SOC uwchbridd yn deillio o golled ar danio (LOI), sy'n gyfran gyson o LOI. Fel y cyfryw, gwellon ni ein dull modelu wrth osod strwythurau gwall beta ar GLMMs yn R 3.5.2.⁹ gan ddefnyddio'r pecyn *glmmADMB*¹⁹.

Ar gyfer y dadansoddiad hwn gosodon ni un model ar gyfer pob cyfuniad posibl o ragwelyddion amgylcheddol a amlinellir yn Nhabl 1. Fel yn adran 2, cafodd y modelau hyn eu sgorio a'u cymharu yn seiliedig ar AIC. Cafodd effaith rhagwelydd amgylcheddol ei ystyried yn arwyddocaol os oedd yn cael ei gynnwys yn y model gorau (y model AIC isaf) a phob model o fewn 2 uned AIC o'r model gorau. Mae hyn yn ddull ceidwadol i bennu arwyddocâd. Fel mae'n digwydd, yn y dadansoddiad hwn byddai casgliad wedi bod yn hollol debyg pe byddem wedi defnyddio profion arwyddocâd safonol ar gyfer paramedrau oedd wedi eu cynnwys yn y model gorau.

4.3 Canlyniadau

Nid oedd unrhyw fodel gorau clir yn ôl AIC, o bosibl o ganlyniad i gydberthynas rhwng rhai o'r amrywiadau amgylcheddol a ystyriwyd. Roedd 12 model o fewn 6 uned AIC o'r model gorau, ac roedd ganddynt AIC is nac unrhyw fersiwn symlach amnyth (Atodiad 2). O'r rhain, roedd 3 o fewn 2 uned AIC o'r model gorau. Dangosodd chwech amrywiad amgylcheddol berthnasoedd cyson â C uwchbridd, pob un yn ymddangos yn y model gorau yn ogystal â modelau o fewn 2 uned AIC o'r model gorau. Mae gan yr amrywiadau hyn saethau i fyny neu i lawr yn Nhabl 2 o dan "Perthynas gadarnhaol neu negyddol gyda C?".

4.3.1 Gorchudd llwyni

Roedd C uwchbridd wedi ei gysylltu'n gadarnhaol â chyfanswm % gorchudd dros set o rywogaethau llwyni (Tabl 2), yn benodol grug/llusen y brain (is-deulu Grug: genera *Calluna*, *Erica* ac *Empetrum*), llus duon bach (*Llusyn*) ac eithin (*Eithinen*). Fodd bynnag, roedd y berthynas rhwng gorchudd llwyni ac C uwchbridd yn llai yn GMEP. Un esboniad am hyn yw bod y gwahaniaeth yng nghyfansoddiad llwyni rhwng CS a GMEP; y gostyngiad mewn gorchudd llwyni uwchdir rhwng CS a GMEP yn briodoladwy yn bennaf i ostyngiad mewn Grug (yn benodol *Calluna*; Ffigur. 6). Felly, gallai gwahaniaethau yng ngorchudd yn ogystal â chyfansoddiad rhywogaethau llwyni rhwng y ddau arolwg fod yn ffactor allweddol sy'n cyfrannu at ostyngiadau C mewn cynefinoedd uwchdir rhwng CS a GMEP.

4.3.2 Mawn dwfn isorweddol

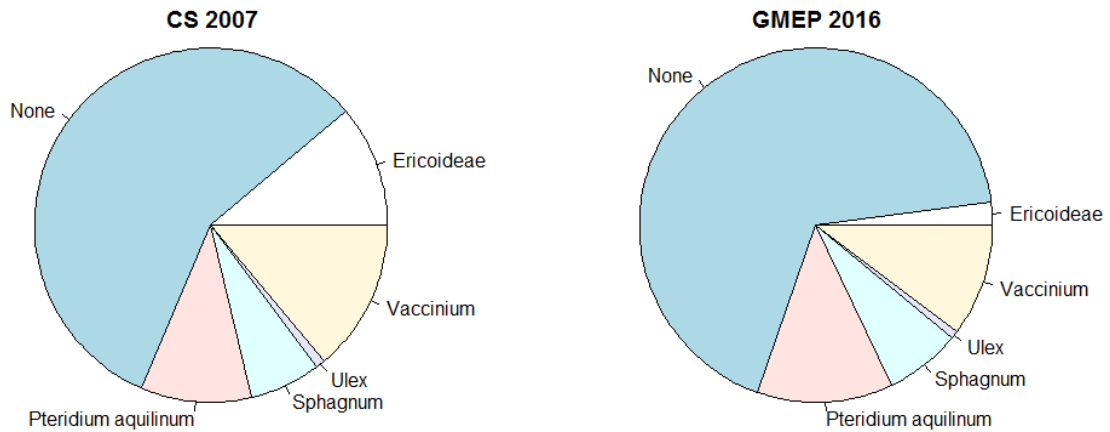
Cafodd presenoldeb mawn dwfn isorweddol (>0.4m) ei gysylltu'n gadarnhaol â C uwchbridd. Esboniad tebygol yw y byddai gorwel organig carbon gyfoethog y pridd yn gwneud hyd cyfan y craidd pridd 15cm yn gyson. Roedd y duedd i C uchel uwchbridd gael ei gofnodi ar fawn dwfn yn gryfach o dan GMEP na CS. Gallai hyn fod yn berthynol i'r cynnydd yn ansawdd cyffedinol cynefinoedd cors blanced a gofnodwyd rhwng CS a GMEP⁴. Byddai disgwyl i'r effeithiau uchod gael effaith gadarnhaol ar y duedd mewn C uwchbridd ar dir cynefin. Fodd bynnag, cafodd yr effaith gadarnhaol honno ei gwrthbwysu gan ostyngiad yng nghynrychiolaeth gyfrannol mawn dwfn yn GMEP o gymharu â CS 2007.

4.3.3 Gwlybaniaeth hinsoddol

Roedd gwlybaniaeth hinsoddol yn perthyn yn gadarnhaol i C uwchbridd. Mae gwlybaniaeth hinsoddol yn debygol o gael effaith ar wlybaniaeth pridd gan mai gwir lif dŵr o waddodiad i mewn i'r pridd ar ôl tynnu dŵr wedi ei drydarthu yn ôl i'r amgylchedd trwy anwedd-drydarthiad sy'n brif yrrwr o gasgliad o garbon pridd organig. Gall gwlybaniaeth uchel pridd arwain at lai o ocsigen ar gael, gan rwystro dadelfeniad microbig a mwneiddiad C²⁰. Gall gwlybaniaeth pridd uchel hefyd gael effaith ar y gymuned blanhigion, sy'n effeithio'r ansawdd a chyfanswm o wastraff planhigion sy'n mynd i mewn i'r pridd. Nid oedd gwlybaniaeth hinsoddol yn perthyn yn gadarnhaol i C uwchbridd lle roedd mawn dwfn isorweddol. Mae hyn yn debygol o fod oherwydd gwlybaniaeth pridd ar fawn dwfn yn perthyn i nodweddion draenio gymaint a gwaddodiad, tra bo gwlybaniaeth pridd e.e. priddoedd organo-fwnol yn cael ei lywodraethu fwy gan waddodiad a thymheredd. Cynyddodd gwlybaniaeth hinsoddol ar draws y rhan fwyaf o Gymru rhwng y ddau arolwg (Ffigur. 7). Byddai disgwyl i hyn gael effaith gadarnhaol ar y duedd C uwchbridd ar dir cynefin, yn enwedig ar ledredau ac uchderau is.

4.3.4 Effeithiau eraill

Gwelsom fod gan *orchudd* Migwyn gysylltiad cadarnhaol â C uwchbridd mewn cynefinoedd uwchdir. Mae hyn yn gwneud synnwyr o ystyried swyddogaeth *Migwyn* mewn ffurfio mawn a chrynhoi C pridd. Fel yn adran 2, gwelsom fod gan uchder gysylltiad cadarnhaol â C uwchbridd. Ystyrion ni wlybaniaeth a llysydfiant yn fanwl yn y dadansoddiad hwn, felly gallai uchder fod yn gweithredu fel procsi i amrywiadau eraill fel hanes defnydd tir. Nid oedd unrhyw arwydd clir o berthynas rhwng gorchudd rhedyn, tymheredd neu ddyddodiad asid â C uwchbridd ac felly mae'n annhebygol o fod wedi cyfrannu at y duedd a adroddwyd.



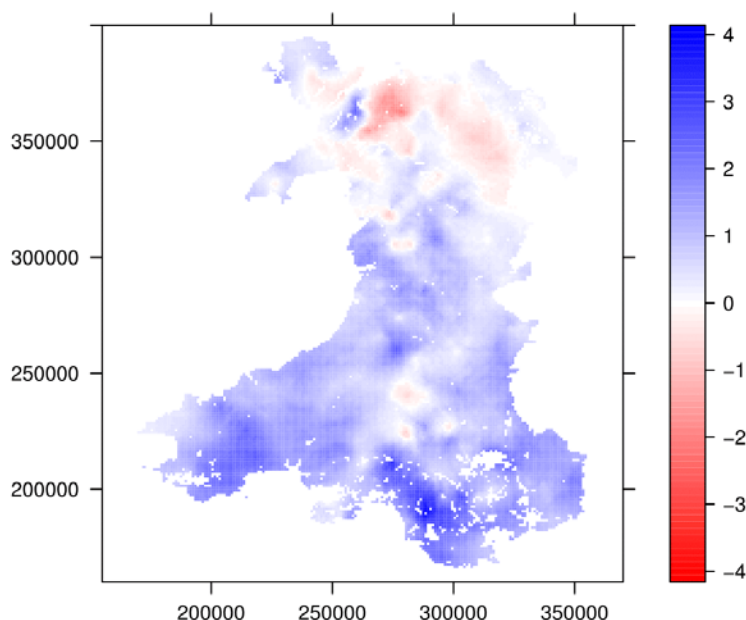
Figur 6. Siartiau pastai sy'n dangos goruchafiaeth (>gorchudd 20%) o ychydig o fathau llysdyfiant nodweddiadol o fewn 2m o samplau pridd cynefin uwchdir. "Gorchudd llwyni" fel y dadansoddwyd trwy gydol yr adran hon yn cynnwys Grug (gwyn), Llusyn (melyn) ac Eithinen (porffor).

Tabl 2. Gwahaniaethau mewn amrywiadau amgylcheddol rhwng CS a GMEP a chyfeiriad perthnasoedd arwyddocaol rhwng amrywiadau amgylcheddol a chrynnodiadau C uwchbridd. Nid yw perthnasoedd anarwyddocaol yn cael eu cynnwys yma. Lle dangosir dau saeth o dan "Perthynas gadarnhaol neu negyddol â C", gwahaniaethodd serthwydd y berthynas rhwng y ddau arolwg. Mae'r "Effaith ddisgwyliedig ar duedd C" yn deillio o roi'r perthnasoedd hyn yng nghyd-destun newidiadau mewn amrywiadau amgylcheddol rhwng y ddau arolwg;

Amrywiad amgylcheddol	Newid mewn amrywiad amgylcheddol rhwng CS a GMEP	Perthynas gadarnhaol neu negyddol â C?		Effaith ddisgwyliedig ar duedd C	Esboniad
		CS	GMEP		
Gorchudd llwyni	↓	↑	↔	↓	oedd gan orchudd llwyni gysylltiad cadarnhaol C uwchbridd yn CS. Yn GMEP, roedd gorchudd llwyni yn is nac yn CS (Ffigur. 6) ac roedd y berthynas rhwng llwyni â C uwchbridd yn llai.
Mawn dwfn	↓	↑	↑	↔	Roedd mawn dwfn yn gysylltiedig â C uwchbridd cynyddol – yn enwedig yn GMEP. Fodd bynnag, roedd gan y sampl GMEP gynrychiolaeth is o fawn dwfn na CS 2007; mae'r effaith ar y duedd C yn gytbwys.
Gwlybanaeth hinsoddol	↑	↑	↑	↑	Roedd gan wlybanaeth gysylltiad cadarnhaol â C uwchbridd. Ar draws y rhan fwyaf o Gymru, roedd y cyfnod yn arwain at GMEP yn wlypach na'r cyfnod yn arwain at CS 2007 – yn enwedig ar

				uchderau is (Ffigur. 7). Ar fawn dwfn roedd effaith gwlybanaeth hinsoddol yn llai.
Gorchudd migwyn	↔	↑	↔	Roedd gan orchudd mwsogl migwyn berthynas gadarnhaol â C uwchbridd, ond nid oedd yn amrywio rhwng y ddau arolwg ar draws cynefinoedd uwchdir. (Sylwch: <i>Cynyddodd</i> migwyn mewn cynefin cors blanced).
Uchder	↔	↑	↔	Roedd gan uchder gysylltiad cadarnhaol â C uwchbridd. Fodd bynnag, mewn cynefinoedd uwchdir roedd uchder yn sefydlog ar draws y ddau arolwg (Ffigur. 2).
Ni roddwyd cyfrif am y newid gan amrywiadau a ystyriwyd	-	↓	↓	Mae tuedd fach negyddol yn aros rhwng arolygon nad oedd yn cael ei gyrru gan yr amrywiadau amgylcheddol a ystyriwyd yn yr adran hon.

MAP-PET change



Ffigur 7. Tuedd mewn gwir lif dŵr i mewn i'r arwyneb (gwaddodiad blynyddol cymedrig llai anwedd-drydarthiad posibl cymedrig, wedi eu mesur mewn cannoedd o mm) rhwng 2003-2007 a 2011-2015 ar draws Cymru. Ac eithrio ychydig o ardaloedd yng Ngogledd Cymru, mae gwlybanaeth hinsoddol wedi cynyddu rhwng y ddau arolwg

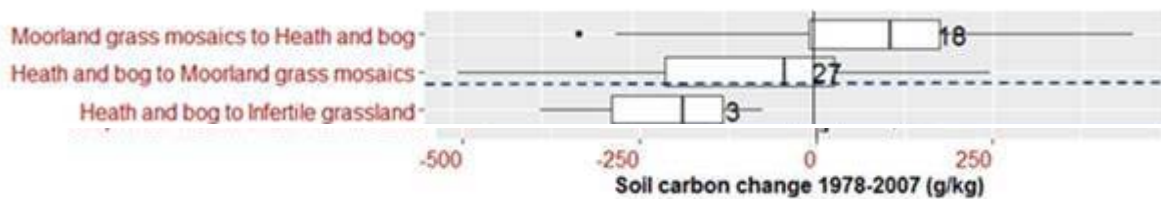
Mae'r canlyniadau hyn yn awgrymu mai'r amrywiad amgylcheddol mwyaf cyson â'r gostyngiad yn SOC a adroddir yn GMEP yw'r ddolen gorchudd i llwyni is yn y sampl.

4.4 Tystiolaeth o swyddogaeth newid llysdyfiant ar garbon uwchbridd o safleoedd trawsnewid Arolwg Cefn Gwlad

Arsylwyd bod wyth o 50 (16%) plot GMEP oedd yn sampl ailadrodd o blotiau CS 2007 yn mynd trwy drawsnewid rhwng y mathau o ddefnydd tir a gyflwynwyd yn GMEP. Mae hyn yn darparu prawf o gysyniad y byddai trawsnewidiadau cynefin wedi digwydd yn eithaf aml rhwng CS 2007 a GMEP fel yr adroddwyd rhyngddynt o'r blaen i CS. Fodd bynnag, mae'r sampl ailadrodd plot yn rhy fach i gynhyrchu dadansoddiad cadarn o newid mewn C uwchbridd rhwng y ddau arolwg.

Yn hytrach archwilion ni faint sampl llawer mwy o Arolwg Cefn Gwlad lle roedd nifer fawr o drawsnewidiadau wedi cael eu holrhain dros amser rhwng 1978 a 2007. Mae darn o'r gwaith hwn a gafodd ei gyllido trwy arian CEH cyflin yn cael ei gyflwyno yma i ddangos y ddolen debygol rhwng colli neu ennill llwyni corachaid a glaswellt a charbon uwchbridd (Ffigur 8). Mae'r canlyniadau yn dangos yn gyson bod symudiad tuag at lwyni corachaid neu llysdyfiant cors yn gysylltiedig â chynnydd mewn carbon uwchbridd tra bo symudiad tuag at llysdyfiant wedi ei reoli gan laswellt yn gysylltiedig â gostyngiad.

Ffigur 8 Newid cadarnhaol (+) neu negyddol (-) mewn carbon uwchbridd (g/kg) mewn plotiau ailadrodd Arolwg Cefn Gwlad lle mae trawsnewidiad mewn llysdyfiant wedi cael ei adrodd rhwng 1978 a 2007. Rhifau'n dangos y nifer o blotiau sy'n cyfrannu at y canlyniadau a gyflwynwyd.



4.5 Camau nesaf

Y berthynas a arsylwyd rhwng C uwchbridd a gorchudd llwyni (yn benodol Rhostir, yn bennaf yn cynnwys grug *Calluna vulgaris*) sydd o ddiddordeb mawr. Gan eithrio plotiau wedi eu rheoli gan Figwyn, plotiau wedi eu rheoli gan Rostir-oedd y rhai mwyaf cyfoethog mewn carbon o'r mathau o llysdyfiant a ystyriwyd. Yn hollbwysig, roedd gostyngiad yn y gynrychiolaeth o Rostir mewn cynefinoedd uwchdir o dan GMEP o gymharu â CS. Gallai'r gostyngiad hwn mewn grug fod yn ffactor sy'n cyfrannu at ostyngiadau a arsylwyd mewn C uwchbridd mewn cynefinoedd uwchdir.

Fodd bynnag, mae'n bwysig i gofio bod CS 2007 a'r gydran GMEP Cymru ehangach yn samplau annibynnol i raddau helaeth o sgwariau 1km yng Nghymru. Tra bo'r sampl GMEP Cymru ehangach wedi ei dynnu yn ôl yr un prosesau ystadegol â'r sampl CS 2007, gallai amrywiadau mewn cynrychiolaeth o fathau gwahanol o blotiau fod wedi digwydd. Gallai gwaith ychwanegol bennu a gafodd y gostyngiad mewn plotiau wedi eu rheoli gan rug rhwng y ddau arolwg ei ategu gan newid llysdyfiant gwirioneddol neu amrywiadau ar hap.

Un ffordd o fesur newid gwirioneddol mewn gorchudd grug fyddai i ddefnyddio delweddaeth loeren ar raddfa genedlaethol o'r cyfnodau amser perthnasol. Gan

ddefnyddio data arolwg ar orchudd pwynt Grug, gallai fod yn bosibl i fapio grug ar draws Cymru ar adeg pob arolwg. Byddai hyn yn ei dro yn ein caniatáu i ragweld newid mewn gorchudd grug ar draws y ddau arolwg. Gallai'r canlyniad ddarparu (1) tystiolaeth annibynnol o ostyngiadau mewn grug o fewn sgwariau arolwg GMEP, neu (2) dystiolaeth fod cynrychiolaeth grug wedi gostwng oherwydd samplo ar hap. Y naill ffordd neu'r llall, byddai mapio newid mewn gorchudd grug yn darparu dangosydd defnyddiol o newid llysdyfiant yn uwchdir Cymru. Byddai hyn hefyd yn datblygu llif gwaith ar gyfer defnydd data maes i ffurfio dadansoddiadau arsylwi daear.

I brofi'r berthynas achosol rhwng newid mewn gorchudd grug a charbon uwchbridd, mae plotiau ailadrodd CS wedi cael eu dangos i fod yn adnodd data gwerthfawr iawn. Gallai archwilio ychwanegol o ddata CS archwilio perthnasoedd penodol ar gyfer newid penodol mewn rhywogaethau unigol fel grug, newid carbon uwchbridd ac os yw cyfeiriad a maint newid yn gyson â'r golled garbon uwchbridd mewn cynefinoedd uwchdir a adroddwyd gan y GMEP.

Yn olaf, bydd rownd nesaf arolwg ERAMMP yn hollbwysig mewn darparu cannoedd o fesuriadau ailadrodd o GMEP, gan gynyddu pŵer dadansoddol yn enfawr yn ogystal â darparu gwybodaeth hollbwysig ar drawsnewidiadau cynefin. Bydd y rhaglen fonitro pridd barhaol newydd yn adeiladu ar bob lleoliad samplo CS o'r gorffennol gan CEH ar draws Prydain gyfan gan gynnwys Cymru hefyd yn darparu tystiolaeth ychwanegol am dueddiadau mewn carbon uwchbridd.

5 Casgliadau ac Argymhellion

Yn adran 2 cyflwynwn ein dealltwriaeth o dueddiadau C uwchbridd o GMEP wrth gynnwys effeithiau uchder. Cafodd gostyngiadau C uwchbridd eu holrhain i gynefinoedd uwchdir fel glaswelltir asid, rhostir llwyni corachaid, rhedyn a chors. Fodd bynnag, roedd tueddiadau ar gynefinoedd tir isel fel glaswelltiroedd niwtral, chorstir, mignen a chors yn sefydlog. Wrth gyflwyno uchder mewn modelau ystadegol, sicrhawn ni nad oedd y duedd C uwchbridd ar dir cynefin yn cael ei hategu gan newidiadau ar hap mewn uchder rhwng samplau arolwg.

Yn adran 3 dangoson ni fod gwlybanaeth hinsoddol, mawn dwfn isorweddol a *gorchudd* Migwyn yn gadarnhaol gysylltiedig â C uwchbridd. Yn ddiroddol, ni chafodd gwlybanaeth hinsoddol effaith gadarnhaol ar C uwchbridd os oedd mawn dwfn isorweddol. Un esboniad yw fod priddoedd gyda mawn dwfn isorweddol yn aros yn llaith, ac felly'n garbon gyfoethog, hyd yn oed pan mae glawiad yn lleihau. Ar y llaw arall, byddai priddoedd organo-fwnol sy'n draenio'n rhydd yn fwy ymatebol i wlybanaeth hinsoddol. I raddau helaeth, cynyddodd gwlybanaeth hinsoddol rhwng CS 2007 a GMEP, yn enwedig yn y tiroedd isel (Ffigur. 7). Fel y cyfryw, mae'n fwy tebygol o fod wedi gyrru cynnydd bach mewn C uwchbridd yn y tiroedd isel na gostyngiad mewn C pridd yn yr uwchdiroedd.

Roedd gan orchudd llwyni berthynas gadarnhaol â C pridd. Fodd bynnag, lleihaodd y berthynas hon yn GMEP – ffaith a gafodd ei gyrru yn debygol gan wahaniaeth mewn cyfansoddiad llwyni rhwng yr arolygon (Ffigur. 6). Cafodd llai o blotiau eu rheoli gan llwyni yn GMEP na CS 2007, gwahaniaeth a achoswyd gan gynrychiolaeth ostyngol o Rug (yn cynnwys yn bennaf grug *Calluna vulgaris*). Gallai'r gostyngiad hwn mewn grug fod wedi cyfrannu at y gostyngiad mewn C uwchbridd rhwng arolygon. Fodd bynnag, mae'n aneglur a yw'r gostyngiad yn adlewyrchu gostyngiad cenedlaethol mewn grug, neu amrywiad ar hap yn y llysdyfiant a ddaliwyd gan y ddau sampl arolwg. Dylai gwaith yn y dyfodol ar y berthynas rhwng gorchudd llwyni a gostyngiadau C uwchbridd:

- 1) **Bennu cyfraniad cymharol gorchudd llwyni a chyfansoddiad i'r duedd yn C uwchbridd mewn cynefinoedd uwchdir.** Mae'r duedd mewn gorchudd llwyni a'r berthynas rhwng llwyni â C uwchbridd yn glir, ond nid ydym wedi cyfrif yn llawn sut mae tueddiadau llwyni yn effeithio serthwydd y duedd C uwchbridd.
- 2) **Cyfuno'r data maes ar orchudd llysdyfiant gyda delweddaeth loeren o'r un cyfnodau amser.** Am fwyafrif y sgwariau 1km a archwilir yma, mae gennym ddata o naill ai CS 2007 neu GMEP 2013-2016 yn unig. Fodd bynnag, mae delweddaeth loeren ar gael ar gyfer yr holl sgwariau ar draws pob cyfnod amser. Wrth fapio grug ar draws Cymru rhwng 2007 a 2016, gallem bennu'r graddau mae newidiadau llysdyfiant mewn data maes yn cael eu gyrru gan effeithiau sampl.

Mae'r bennod hon wedi trafod cyfyngiadau'r tueddiadau CS-GMEP (adran 1.1.1). Serch hynny, mae safon aur tueddiadau pridd o fewn sgwariau GMEP ar y gorwel agos; nod y GMEP oedd i asesu effeithiau Glastir, a sefydlu gwalelodlin gadarn ar gyfer monitro amgylcheddol i'r dyfodol⁴. Mae ymweliadau ailadroddol â sgwariau GMEP yn cael eu cynllunio o dan y Rhaglen Fodelu a Monitro Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP). Yn bwysig, ni fydd tueddiadau GMEP-ERAMMP yn

dwyn yr un cyfyngiadau â thueddiadau CS-GMEP. Bydd arolygon pridd yn y dyfodol yn chwarae rhan hanfodol a chost effeithiol mewn dangos y gyrwyr i dueddiadau C uwchbridd yng nghefn gwlad Cymru.

6 Cyfeiriadau

1. Smith, P. *et al.* Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **363**, 789–813 (2007).
2. *Environment (Wales) Act 2016*. (2016).
3. *Well-being of Future Generations (Wales) Act 2015*. (2015).
4. Emmett, B. A. & the GMEP team. *Glastir Monitoring & Evaluation Programme. Final Report to Welsh Government. Contract reference: C147/2010/11. NERC/Centre for Ecology & Hydrology (CEH Projects: NEC04780/NEC05371/NEC05782)*. (2017).
5. Emmett, B. A. *et al.* *Countryside Survey: Soils Report from 2007. Technical Report No. 9/07 NERC/Centre for Ecology & Hydrology 192pp. (CEHProject Number: C03259)*. (2010).
6. Intermap Technologies. NEXTMap British Digital Terrain Model Dataset Produced by Intermap. NERC Earth Observation Data Centre, 2019. (2007).
doi:<http://catalogue.ceda.ac.uk/uuid/8f6e1598372c058f07b0aeac2442366d>
7. Bot, A. & Benites, J. The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production. *FAO Soils Bull.* (2005).
8. Environmental Systems Resource Institute. ArcMap 10.6. (2018).
9. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. (2019).
10. Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *J. Stat. Softw.* **67**, 1–48 (2015).
11. Burnham, K. & Anderson, D. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. (Springer-Verlag, 2002).
12. Jobbagy, E. G. & Jackson, R. B. The Vertical Distribution of Soil Organic Carbon and Its Relation to Climate and Vegetation. *Ecol. Appl.* **10**, 423–436 (2000).
13. Milligan, G. *et al.* Change to ecosystem properties through changing the dominant species: Impact of Pteridium aquilinum-control and heathland restoration treatments on selected soil properties. *J. Environ. Manage.* **207**, 1–9 (2018).
14. van Breemen, N. How Sphagnum bogs down other plants. *Trends Ecol. Evol.* **10**, (1995).
15. Rowland, C. S. *et al.* Land Cover Map 2015 (vector, GB). NERC Environmental Information Data Centre. (2015). doi:<https://doi.org/10.5285/6c6c9203-7333-4d96-88ab-78925e7a4e73>
16. Robinson, E. L. *et al.* *Climate hydrology and ecology research support system meteorology dataset for Great Britain (1961-2015) [CHESS-met] v1.2. NERC Environmental Information Data Centre*. (2017). doi:<https://doi.org/10.5285/b745e7b1-626c-4ccc-ac27-56582e77b900>
17. Robinson, E. L. *et al.* *Climate hydrology and ecology research support system potential evapotranspiration dataset for Great Britain (1961-2015) [CHESS-PE]*. NERC Environmental Information Data Centre. (2016). doi:<https://doi.org/10.5285/8baf805d-39ce-4dac-b224-c926ada353b7>
18. *CBED UK Deposition Data: <http://www.pollutantdeposition.ceh.ac.uk/data>*. (2019).
19. Skaug, H., Fournier, D., Bolker, B., Magnusson, A. & Nielsen, A. Generalized Linear Mixed Models using 'AD Model Builder'. R package version 0.8.3.3. (2016).
20. Keiluweit, M., Wanzek, T., Kleber, M., Nico, P. & Fendorf, S. Anaerobic microsites have an unaccounted role in soil carbon stabilization. *Nat. Commun.* **8**, 1–10 (2017).
21. Richards, S. A. Dealing with overdispersed count data in applied ecology. *J. Appl. Ecol.* **45**, 218–227 (2008).

7 Atodiadau

Atodiad 1

Tabl o bob model a osodir yn adran 2. Wedi eu dangos mae nifer o baramedrau, gwerthoedd yr AICc (Meini Prawf Akaike wedi eu cywiro) a thebygolrwydd cofnodi pob model. Rydym hefyd yn dangos pa baramedrau gafodd eu cynnwys yn y modelau hynny. Ar gyfer rhagwelyddion parhaus mae'r paramedr gwirioneddol yn cael ei ddangos; ar gyfer rhagwelyddion categorïaidd mae "+" yn dangos cynhwysiad o'r amrywiad hwnnw. Cafodd uchder ei ailraddio wrth rannu gyda 100 cyn dadansoddi ac wedyn wedi ei ganoli ar y cymedr. Cafodd strwythurau gwall beta eu gosod ar fodelau. Cafodd strwythurau gwall Gaussian eu gosod ar fodelau.

	Paramedrau	AICc	Tebygolrwydd Cofnodi	Cyfnod arolwg	Categori defnydd tir	Cyfnod arolwg Categori defnydd tir	Uchder	Uchder Cyfnod arolwg	Uchder Categori defnydd tir	Uchder Cyfnod arolwg Categori defnydd tir
Model 1	8	13305.52	-6663.7	+	+	+				
Model 2	10	13164.98	-6595.4	+	+	+	42.98	+		
Model 3	14	13129.72	-6585.6	+	+	+	49.07	+	+	+

Atodiad 2

Tabl o bob model a osodir yn adran 3 oedd â gwerthoedd AICc (Meini Prawf Gwybodaeth Akaike wedi eu cywiro) o fewn 6 uned o'r model gorau. Mae modelau wedi eu lliwio'n llwyd os oes model symlach amnyth yn bodoli gydag AIC is - dylai'r fath fodelau gael eu hanwybyddu yn ôl astudiaethau blaenorol²¹. Ar gyfer rhagwelyddion parhaus mae'r paramedr gwirioneddol yn cael ei ddangos; ar gyfer rhagwelyddion categorïaidd mae "+" yn dangos cynhwysiad o'r amrywiad hwnnw. ELEV = uchder; MAP_PET = gwaddodiad llai anwedd-drydarthiad posibl (gwlybaniaeth hinsoddol); MAWN = mawn dwfn isorweddol; SO = dyddodiad sylffwr (asid); Migwyn = *gorchudd* Migwyn; Llwyni = *gorchudd* Llwyni; YR = cyfnod arolwg; "-" yn dynodi term rhyngweithiad; npar = nifer o baramedrau; logLik = tebygolrwydd cofnodi; AICc = Maen Prawf Gwybodaeth Akaike ar gyfer meintiau sampl bach; delta = gwahaniaeth mewn AIC o gymharu â'r model gorau; pwysau = pwysau Akaike ar gyfer pob model yn seiliedig ar AICc. Cafodd ELEV a MAP_PET eu hailraddio wrth rannu gyda 100 cyn dadansoddi. Ymhellach, cafodd ELEV, SO a MAP_PET eu canoli ar y cymedr. Cafodd strwythurau gwall beta eu gosod ar fodelau.

(Rhyng-gipio)	ELEV	MAP_PET	PEAT	Pteridium aquilinum	SO	Migwyn	Llwyni	YR	MAP_PET: PEAT	MAP_PET: YR	PEAT: YR	Llwyni: YR	npar	logLik	AICc	delta	pwysau
-1.10	0.22	0.11	0.90	NA	-2.06	0.03	0.01	+	-0.10	+	+	+	14.00	87.74	-145.71	0.00	0.13
-1.06	0.22	0.07	0.99	NA	-1.69	0.03	0.01	+	-0.10	NA	+	+	13.00	86.26	-144.99	0.71	0.09
-1.26	0.21	0.05	0.98	NA	NA	0.03	0.01	+	-0.10	NA	+	+	12.00	85.06	-144.82	0.89	0.08
-1.07	0.21	0.10	0.89	0.00	-1.92	0.03	0.01	+	-0.10	+	+	+	15.00	88.31	-144.59	1.12	0.07
-1.33	0.21	0.08	0.91	NA	NA	0.03	0.01	+	-0.10	+	+	+	13.00	85.96	-144.40	1.30	0.07
-1.28	0.20	0.08	0.91	0.00	NA	0.03	0.01	+	-0.10	+	+	+	14.00	86.75	-143.73	1.98	0.05
-1.21	0.20	0.05	0.99	0.00	NA	0.03	0.01	+	-0.10	NA	+	+	13.00	85.61	-143.70	2.00	0.05
-1.03	0.21	0.07	0.99	0.00	-1.56	0.03	0.01	+	-0.10	NA	+	+	14.00	86.63	-143.50	2.21	0.04
-0.96	0.25	0.11	0.86	NA	-2.41	0.03	NA	+	-0.10	+	+	NA	12.00	84.01	-142.73	2.98	0.03
-1.10	0.22	0.07	1.65	NA	-1.74	0.03	0.01	+	-0.13	NA	NA	+	12.00	83.93	-142.57	3.14	0.03
-1.01	0.22	0.11	0.87	NA	-2.21	0.03	0.00	+	-0.10	+	+	NA	13.00	84.97	-142.41	3.30	0.02
-1.14	0.22	0.10	1.62	NA	-2.04	0.03	0.01	+	-0.13	+	NA	+	13.00	84.91	-142.31	3.40	0.02
-1.31	0.20	0.05	1.66	NA	NA	0.03	0.01	+	-0.13	NA	NA	+	11.00	82.63	-142.16	3.54	0.02
-0.93	0.23	0.11	0.87	0.00	-2.25	0.03	NA	+	-0.10	+	+	NA	13.00	84.66	-141.81	3.90	0.02
-1.11	0.20	0.10	1.60	0.00	-1.90	0.03	0.01	+	-0.13	+	NA	+	14.00	85.55	-141.34	4.36	0.01
-1.26	0.19	0.05	1.64	0.00	NA	0.03	0.01	+	-0.13	NA	NA	+	12.00	83.29	-141.28	4.43	0.01
-1.07	0.20	0.07	1.63	0.00	-1.60	0.03	0.01	+	-0.13	NA	NA	+	13.00	84.39	-141.25	4.46	0.01
-0.97	0.21	0.11	0.88	0.00	-2.07	0.03	0.00	+	-0.10	+	+	NA	14.00	85.49	-141.21	4.49	0.01
-1.37	0.20	0.07	1.64	NA	NA	0.03	0.01	+	-0.13	+	NA	+	12.00	83.15	-141.00	4.71	0.01
-0.90	0.24	0.07	0.98	NA	-1.98	0.03	NA	+	-0.10	NA	+	NA	11.00	81.88	-140.67	5.04	0.01
-1.25	0.21	0.08	0.89	NA	NA	0.03	0.00	+	-0.10	+	+	NA	12.00	82.92	-140.54	5.16	0.01
-0.95	0.22	0.07	0.99	NA	-1.78	0.03	0.00	+	-0.10	NA	+	NA	12.00	82.92	-140.53	5.17	0.01
-1.31	0.19	0.07	1.62	0.00	NA	0.03	0.01	+	-0.13	+	NA	+	13.00	84.01	-140.49	5.22	0.01
-1.16	0.21	0.05	0.98	NA	NA	0.03	0.00	+	-0.10	NA	+	NA	11.00	81.59	-140.08	5.63	0.01
-1.22	0.24	0.08	0.87	NA	NA	0.03	NA	+	-0.10	+	+	NA	11.00	81.56	-140.02	5.68	0.01
-1.19	0.19	0.08	0.89	0.00	NA	0.03	0.00	+	-0.10	+	+	NA	13.00	83.66	-139.79	5.92	0.01

Gwag hefyd.

Ymholiadau i:

Swyddfa Prosiect ERAMMPe

CEH Bangor

Canolfan Amgylchedd Cymru

Ffordd Deiniol

Bangor

Gwynedd

LL57 2UW

T: + 44 (0)1248 374528

E: erammp@ceh.ac.uk

www.erammp.cymru

www.erammp.wales