

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

## Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 18: Technolegau i Gasglu Tystiolaeth ynghylch Erydiad Pridd

Technolegau cyfredol a thechnolegau newydd y gellir eu defnyddio i gasglu tystiolaeth ynghylch y graddau y mae pridd yn erydu (gyda phwyslais arbennig ar fonitro tirlithriadau, mawndiroedd ac erydiad glannau afonydd)

Tye, A.<sup>1</sup> & Robinson, D.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> British Geological Survey, <sup>2</sup> Canolfan Ecoleg & Hydroleg

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

Fersiwn: 1.0

Dyddiad 30/09/2019



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

**Teitl** Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 18:  
Technolegau i Gasglu Tystiolaeth ynghylch Erydiad Pridd

**Cleient** Llywodraeth Cymru

**Cyfeirnod** C210/2016/2017 NEC06297 Tasg 8.6

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

**Awdur Gohebu** David Robinson, CEH

**Sut i gyfeirio (hir)** Tye, A. & Robinson, D.A. (2019) Rhaglen Monitro a Modelu'r Amgylchedd a Materion Gwledig (ERAMMP) **Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 18: Technolegau i Gasglu Tystiolaeth ynghylch Erydiad Pridd.** Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017). Canolfan Ecoleg a Hydroleg, Prosiect NEC06297.

**Sut i gyfeirio (byr)** Tye, A. & Robinson, D.A. (2019) **Adroddiad Blwyddyn 1 ERAMMP 18: Technolegau i Gasglu Tystiolaeth ynghylch Erydiad Pridd.** Adroddiad i Lywodraeth Cymru (Contract C210/2016/2017)(CEH NEC06297)

**Cymeradwywyd gan** James Skates

### Llofnod

#### Hanes Fersiynau

| Fersiwn   | Diweddarwyd gan          | Dyddiad | Newidiadau   |
|-----------|--------------------------|---------|--|
| 0.1       | Swyddfa Rheoli Rhaglenni | 30/4/19 | Drafft gwreiddiol.   |
| 0.11      | Swyddfa Rheoli Rhaglenni | 8/5/19  | Newidiadau fformatio yn bennaf – drafft ar gyfer y Grŵp Llywio |
| 0.12-0.13 | Swyddfa Rheoli Rhaglenni | 18/9/19 | 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

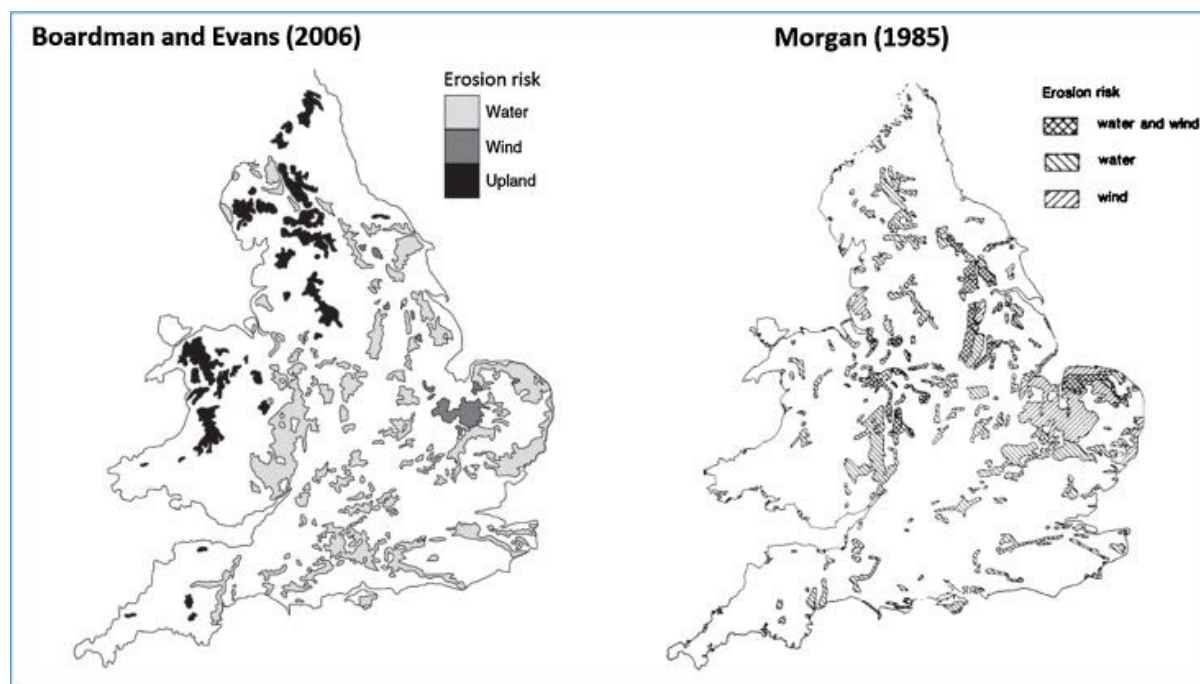
|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Cyflwyniad.....  | 2  |
| 2   | Gofynion y dasg .....  | 4  |
| 2.1 | Tabl methodolegau erydiad.....   | 4  |
| 2.2 | Y costau sy'n gysylltiedig â Methodolegau.....                         | 12 |
| 2.3 | A ellir defnyddio technoleg newydd i fonitro erydiad pridd .....       | 15 |
| 3   | Casgliadau .....   | 18 |
| 4   | Argymhellion .....   | 19 |
| 4.1 | Gwaith monitro wedi'i dargedu sy'n gysylltiedig â'r arolwg ERAMMP..... | 19 |
| 4.2 | Monitro Erydiad Pridd yng Nghymru gan ddefnyddio Caesiwm .....         | 19 |
| 5   | Cyfeiriadau.....   | 21 |

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 Cyflwyniad

Mae erydiad pridd yn cael ei ystyried yn un o'r bygythiadau mwyaf i gyflenwad bwyd ar draws y byd, fel y nodwyd yn adroddiad y Sefydliad Bwyd ac Amaeth, 'Status of the World's Soil Resources' (Sefydliad Bwyd ac Amaeth, 2015). Mae materion ynghylch erydiad pridd wedi dwysáu oherwydd, er y gwyddys am effeithiau erydiad, prin yw'r wybodaeth ynghylch cyfraddau ffurfio erydiad. Fodd bynnag, ar y cyfan derbynnir bod cyfradd erydiad pridd drwy ddulliau amaethu confensiynol o leiaf unwaith neu ddwywaith yn fwy na ffurfiad pridd (Montgomery et al. 2007). Gan hynny, mae'n amlwg bod erydiad pridd yn baramedr allweddol y mae angen ei ystyried mewn unrhyw raglen cynllunio a monitro defnydd tir. Mae effeithiau erydiad pridd yn aml yn ymestyn y tu hwnt i gaeau, a gall gyfrannu at ewtroffigedd dyfroedd, ansawdd dŵr gwael gan arwain at ecosystem wael a gwaddodi mewn cyrsiau dŵr.

Wrth ystyried erydiad pridd a'i fonitro, yn ogystal â deall y prif ffyrdd y caiff pridd ei erydu gan ddŵr (llen erydiad, erydiad cornentydd a gylïau) a gwynt (neidiannau), mae hefyd yn bwysig deall nifer o ffactorau ychwanegol sy'n dylanwadu ar gyfradd erydiad pridd. Mae'r ffactorau hyn yn cynnwys nodweddion megis ansawdd pridd, ongl llethrau a hyd lethrau y gellir eu mesur, ac maent i bob pwrpas yn ffactorau newidiol parhaus, ynghyd â'r ffactorau hynny sy'n fwy anrhagweladwy, megis amseru a difrifoldeb stormydd mewn cysylltiad â llystyfiant. Yn Ffigur 1, ceir dau asesiad o gwmpas y priddoedd sy'n wynebu bygythiad posibl annerbyniol yn sgil erydiad yng Nghymru a Lloegr ar sail nodweddion y pridd.



Ffigur 1: Dau asesiad o ba mor debygol yw priddoedd o erydu yng Nghymru a Lloegr a'r risg gysylltiedig o erydiad.

O ganlyniad i'r ffactorau newidiol sy'n cyfrannu at erydiad pridd, mae nifer fawr o dechnegau wedi cael eu datblygu i fesur maint y pridd a gollir ac i weithredu fel

sylfaen i ddatblygu technegau lliniaru. Mae'r technegau hyn yn gweithredu dros ystod o wahanol raddfeydd daearyddol, gan ymestyn o leiniau i gaeau ac i raddfa genedlaethol, a thros ystod o raddfeydd amser o fesur un digwyddiad i fesur bob degawd. Mae hyn yn adlewyrchu'n rhannol y gwahanol brosesau erydu a'u maint posibl. Er enghraifft, gall erydiad cornentydd a gyliau fod yn gymharol leol, ond gallent arwain at erydiad pridd sylweddol (gweler Ffigur 1). Fodd bynnag, er y gall llen erydiad ar lethrau effeithio ar ardal sylweddol, byddai cyfradd yr erydu fel arfer rhwng 0.1 a 0.3 t ha yr<sup>-1</sup> (Evans et al. 2017). Yn ogystal â dewis technegau priodol, ceir ansicrwydd yn y fethodoleg a ddefnyddir, megis y ddadl barhaus ynghylch defnyddio <sup>137</sup>Cs (radioceswm – isotop ymbeledrol o ceswm) fel mesuriad ar gyfer aiddosbarthu pridd ar draws caeau (Parsons and Foster, 2011).

Cyn trafod y gwahanol fethodolegau sydd ar gael, mae cwestiynau allweddol y mae'n rhaid mynd i'r afael â hwy wrth ddylunio proses fonitro, sef:

**1. Pa gwestiynau sydd i'w hateb yn yr arolwg monitro?**

- A yw gwybod effaith net neu effaith gros erydiad pridd o gaeau, neu o fewn caeau, yn fwy pwysig na deall a chanfod y trothwyon a'r ysgogiadau yn yr ardal ddaearyddol lle ceir erydiad pridd er mwyn gallu ystyried cadwraeth bridd yn ehangach ynghyd â ffyrdd o liniaru effeithiau erydiad ar draws Cymru?
- Dros ba gyfnod o amser y dylid cynnal asesiadau?

**2. A ellir llunio'r arolwg monitro i roi ystyriaeth i ysgogiadau newydd?**

- A all y technegau a gaiff eu dewis roi ystyriaeth i erydiad pridd â'r a glaswelltir lle bo'r erydiad yn debygol o gael ei ysgogi gan brosesau gwahanol iawn (e.e. erydiad drwy sathru ar laswelltir, cywasgu glaswelltir ac erydiad ar lethrau glaswelltir; llwybrau tractor ar dir â'r)?
- A fydd yr arolwg monitro yn gallu rhoi ystyriaeth i newidiadau a achosir mewn arferion amaethyddol eang (e.e. tyfu indrawn ar raddfa fwy) neu newidiadau mewn defnydd tir a achosir gan newidiadau yn y cymorth a roddir gan y llywodraeth i'r diwydiant ffermio?

**3. A ddylid ystyried cyfuniad o ddulliau gan nad yw bob dull o fesur erydiad pridd yn briodol ar gyfer pob graddfa?**

## 2 Gofynion y dasg

- Asesu'r ystod o dechnegau sydd ar gael i fesur erydiad pridd a phennu'r raddfa i weithredu'r technegau ynghyd â'u prif fanteision ac anfanteision (Adran 2.1).
- Darparu rhywfaint o amcangyfrifon o'r costau sy'n gysylltiedig â'r dulliau a ddewisir (Adran 2.2).
- Pennu i ba raddau y gellir defnyddio technolegau newydd o fewn rhaglen monitro erydiad pridd (Adran 2.3).

### 2.1 Tabl methodolegau erydiad

Yn Nhabl 1, ceir adolygiad o'r methodolegau a ddefnyddir ar hyn o bryd wrth astudio erydiad pridd. Mae'r methodolegau wedi eu rhannu'n gyfres o gategorïau gan gynnwys (i) Deall y broses, (ii) Mesur/Asesu Uniongyrchol, (iii) Mesur Anuniongyrchol, (iv) Technolegau Synhwyro o Bell a (v) Rhagfynegiad. Mae Tabl 1 yn dangos pa mor gymhleth yw asesu erydiad pridd a'r ystod o wahanol raddfeydd ar gyfer mesur erydiad, ynghyd â phwysigrwydd dewis y dechneg gywir ar gyfer y defnydd tir a'r cyfnod amser. Yng Nghymru, dylai'r technegau yn ddelfrydol fod yn addas ar gyfer glaswelltir a thir â'r amaethyddol. Mae glannau afonydd hefyd yn nodwedd erydol bwysig sy'n aml yn cael ei hanwybyddu. Mae'r raddfa amser yn bwysig. Er enghraifft, mae defnyddio  $^{137}\text{Cs}$  yn darparu mesur o erydiad sy'n gyfartaledd dros gyfnod o tua 50 mlynedd (ers gwaddod bomiau a Chernobyl), ac felly nid yw'n ystyried digwyddiadau sylweddol sy'n digwydd yn achlysurol iawn na'r blynyddoedd lle na chafwyd dim erydiad (neu ychydig iawn o erydiad). Mae'r dull hwn hefyd, pan gaiff ei ddefnyddio ar dir â'r, yn cynnwys cyfraniad erydiad drwy aredig, a all fod yn brif broses.

Ystyriaeth arall wrth ddewis technegau yw sut i roi ystyriaeth i bridd wedi erydu sy'n cael ei storio o fewn y dirwedd. Unwaith eto, mater o fethodoleg yw hon a sut y mae cyfraddau erydu yn cael eu mesur a'u cyfartalu. O'r herwydd, mewn sawl dim ond mewn rhan fach o dirwedd y mae erydiad yn digwydd, a chaiff pridd yn aml ei storio o fewn y dirwedd honno (h.y. nid yw'n cyrraedd cwrs dŵr gan nad oes cysylltiad hydrologig). Felly, dim ond darparu amcangyfrif o'r erydiad net sydd wedi cyrraedd y system hydrolegol y mae mesuriadau ar raddfa dalgylch gan ddefnyddio synwryddion afloywder yn ei wneud. Mae'n gyffredin, wrth i faint ardal gynyddu, i'r erydiad net fesul uned ardal leihau gan fod llai o gysylltiad hydrolegol â chyrsgiau dŵr.

Tabl 1: Dulliau o fesur erydiad pridd

| Dull                              |                       | Graddfa          | Amserlen  | Disgrifiad o'r dull   | Manteision y dull   | Cyfyngiadau'r dull   | Cyfeiriadau   |
|-----------------------------------|-----------------------|------------------|---|---|---|--|---|
| <b>Deall y broses</b>             | Lleiniau o bridd      | Hyd y llethr     | O fesur dyddiol (yn seiliedig ar ddigwyddiadau)                                       | Cymryd mesuriadau fel arfer ar leiniau pridd wedi'u hadeiladu at y diben gyda chyfleusterau casglu pridd  | Gellir profi gwahanol hydroedd llethrau, ansawdd llethrau, a dwyster glawiad i asesu dylanwadau hynny ar brosesau erydu   | Efallai na fydd yr effeithiau ar ymylon plotiau o dir yn cynrychioli cyflwr caeau  | e.e.<br>Fullen 1991   |
|                                   | Metelau Prin y Ddaear | Hyd cae / llethr | Digwyddiadau unigol i gyfnodau hwy  | Metelau prin y ddaear wedi eu cymysgu â'r pridd mewn crynodiadau sylweddol  | Arsugniad cryf i ronynnau pridd<br><br>Sensitifrwydd i ddadansoddi - crynodiadau isel yn y cefndir<br><br>Dim ymyriad â phrosesau trafndiaeth<br><br>Ddim yn effeithio ar lawer o blanhigion<br><br>Diogel yn amgylcheddol  | Tybir bod DMG y ffynhonnell a'r gwaddod yn debyg - efallai nad yw'n addas i briddoedd tywodlyd<br><br>Mae angen dethol meintiau ar lethrau serth   | e.e.<br>Kimoto et al. 2006<br>Gang Liu et al. 2016  |
|                                   | Efelychwyr Glawiad    | Labordy          |   |   | Gellir profi gwahanol hydroedd llethrau, ansawdd llethrau, a dwyster glaw<br><br>Wedi ei ddylunio i edrych ar y broses  | Efallai nad yw'n cynrychioli cyflwr caeau yn gywir   |   |
| <b>Mesur / Asesu Uniongyrchol</b> | <sup>137</sup> Cs     | Hyd cae / llethr | Unwaith fel arfer – prin, os o gwbl, yw'r astudiaethau sydd wedi ailadrodd mesuriadau | Mae <sup>137</sup> Cs yn ymddwyn yn debyg i K <sup>+</sup> ac yn glynu at ronynnau o bridd<br><br>Cesglir samplau craidd o bridd, ac fe'u rhennir ar sail eu dyfnder<br><br>Defnyddir sbectrometreg gamma ar gyfer y dadansoddiad<br><br>Defnyddir modelau i ddiffinio'r aildosraniad | Yn gweithio ar egwyddor dosraniad ar draws caeau a llethrau ac yn cynnwys erydiad cornentydd, gyliau, gwynt a thrwy aredig oll mewn un mesuriad. Delfrydol felly ar gyfer tir â.<br><br>Wedi cael ei ddefnyddio mewn ecosystemau amaethyddol ac ecosystemau lled-naturiol/naturiol<br><br>Cyfarpar cyfrif gamma yn darparu dadansoddiad cymharol rad, ond mae'n cymryd llawer o amser<br><br>Gellir ei ddefnyddio i ddangos lle ceir erydiad a gwaddodiad drwy nifer o brosesau | Gall yn aml fod yn heriol canfod safleoedd cyfeiriol cyfagos sydd wedi cael yr un faint o waddodiad <sup>137</sup> Cs â safleoedd caeau – mae angen mabwysiadu'r arfer o ailadroddiadau aml ar gyfer statws <sup>137</sup> Cs cefndirol<br><br>Mae canlyniadau amrywiol bomiau a Chernobyl yn achosi problemau gyda safleoedd cyfeiriol.<br><br>Mae cryn ddadlau wedi bod ynghylch y dull o gyfrif cyfraddau erydu gwirioneddol yn ddiweddar – bydd ei | e.e.<br>Adroddiad Ymchwil DEFRA - SP0411 (2005);<br>Walling and Quine (1991)<br>Quine and Walling (1991); |

| Dull |  | Graddfa        | Amserlen  | Disgrifiad o'r dull   | Manteision y dull   | Cyfyngiadau'r dull   | Cyfeiriadau  |
|------|--|----------------|---|---|---|--|--|
|      |  |                |   | Gellir defnyddio hyn ar gyfer erydiad gwynt hefyd   | Mae'n archwilio newidiadau o ran <sup>137</sup> Cs â dyfnder (fel arfer hyd at 30cm)  | <p>ddefnydd ar dir â'r ac effeithiau erydiad drwy aredig felly yn goramcangyfrif cyfraddau erydiad dŵr. Felly, dylid osgoi defnyddio cyfraddau <sup>137</sup>Cs yn unig ar gyfer rhagfynegi erydiad dŵr ar ei ben ei hun ar safleoedd tir â'r.</p> <p>Cyfartaledd amser yn unig (fel arfer dros 50 mlynedd) – anaddas ar gyfer mesur digwyddiadau unigol.</p> <p>Cyfradd waethygu Cs yn golygu y bydd mwy o wallau'n gysylltiedig â'r mesuriadau</p> <p>Cs yn gweithredu mewn modd tebyg i K a gall gael ei amsugno gan blanhigion</p> |  |
|      | Pinau Erydiad                          |                | Byddai angen ailddosraniad rhesymol i fesur – misol-blynyddol   | Gellir gosod rhengoedd o binnau   | <p>Dull syml a rhad i ddarparu data am y newid yn uchder arwyneb y pridd (h.y. erydiad a gwaddodiad) mewn mannau penodol</p> <p>Gellir gosod y rhengoedd o binnau yn sydyn</p> <p>Gwych ar gyfer ecosystemau lled-naturiol/naturiol</p>   | <p>Mae angen dyluniad ystadegol da i ddatblygu data am fannau i gynnwys rhychwant daearyddol</p> <p>Ddim yn ddefnyddiol ar gyfer erydiad drwy aredig lle byddai dosraniad y pridd yn negydu'r effeithiolrwydd</p>  |  |
|      | Cerdded dros dir / arolygon cyfeintiol | Cae - dalgylch | <p>Gellir ailadrodd mor aml ag sydd ei angen</p> <p>Cynhelir y dull hwn yn aml drwy nodi caeau ar hyd trawstoriad hir</p> | <p>Mae arolygon wedi cael eu defnyddio i asesu graddau erydiad cornentydd a gyliau</p> <p>Gellir cynnal asesiadau cyfeintiol o erydiad cornentydd a gyliau</p> <p>Gellir hefyd gofnodi gwaddodion a ddaw drwy chwyth y gwynt a gollyngiadau o gaeau</p> | <p>Asesiadau rhad, sydyn a phosibl eu hailadrodd ar gyfer erydiad dŵr bob blwyddyn, yn enwedig mewn caeau tir â'r</p> <p>Defnyddiwyd yn rheolaidd (e.e. McHugh 2002:2000)</p> <p>Gall sganwyr LIDAR llaw newydd, nad oes angen gorsaf ar eu cyfer, ddarparu dadansoddiad cyfeintiol cywir.</p> <p>Dim angen llawer o wybodaeth ar ran staff – hawdd hyfforddi</p> | <p>Methu rhoi ystyriaeth i len erydiad ac erydiad drwy aredig</p> <p>Anodd sicrhau bod yr holl nodweddion yn cael eu mesur a'u mapio. Anodd cyfrifo cyfraniadau o lethrau cyfatebol yr ardal i alluogi trosi i t ha yr<sup>-1</sup>.</p> <p>Anodd ei ddefnyddio ar laswelltir gan fod graddau'r erydiad yn aml wedi ei guddio</p> <p>Gall gymryd llawer o oriau gwaith i berson gynnal arolwg</p>  | <p>McHugh 2007</p> <p>McHugh et al. 2002</p> <p>Evans 2002</p> |



| Dull                        |                               | Graddfa   | Amserlen   | Disgrifiad o'r dull | Manteision y dull   | Cyfyngiadau'r dull   | Cyfeiriadau |
|-----------------------------|-------------------------------|---|--|---------------------|---|--|-------------|
|                             |                               |   |  |                     |   | estynedig os bwriedir cael mesuriadau cyfeintiol   |             |
|                             | Sganio LIDAR daearol ar y tir | Mesur erydiad dros y tymor hir, a digwyddiadau penodol (e.e. erydiad gylliau) | Gall roi asesiadau cywir iawn o erydiad pridd cyfeintiol |                     | Nid oes angen gorsaf ar systemau newydd gan y gallant synhwyro lleoliad lloeren yn awtomatig gan wneud safleoedd sganio yn fwy hyblyg a chyflym.<br><br>Gwych i ailadrodd mesuriadau o lethrau afonydd i asesu eu herydiad  | Gall fod yn ddrud i'w osod â systemau'n costio ~£60+k<br><br>Ni ellir bob amser roi ystyriaeth i len erydiad ac erydiad drwy aredig<br><br>Anodd sicrhau bod yr holl nodweddion yn cael eu mesur a'u mapio. Anodd cyfrifo cyfraniadau o lethrau cyfatebol yr ardal i alluogi trosi i t ha yr <sup>1</sup> .<br><br>Anodd ei ddefnyddio ar laswelltir gan fod graddau'r erydiad yn aml wedi ei guddio     |             |
|                             |                               |   |  |                     |   |  |             |
| <b>Mesur anuniongyrchol</b> | Mesuryddion Afloywder         | Graddfa'r dalgylch  | Bob awr ymlaen   |                     | Cyfateb i waddod llonydd<br><br>Angen cromlin raddnodi drwy osod samplwyr awtomatig i gasglu samplau<br><br>Mae trin setiau data mawr mewn pecynnau 'R' neu becynnau tebyg yn hawdd ac yn sydyn unwaith y mae'r cod wedi'i ysgrifennu.<br><br>Caniatáu ymchwilio i brosesau erydu megis dwyster glaw, yn ogystal â hysteresis crynodiadau gwaddodion crog, yn ogystal â hylifau blynyddol.<br><br>Gallu monitro newidiadau erydol i ardaloedd yn enwedig os yw technegau defnydd tir yn newid e.e. datgoedwigo<br><br>Gallu cysylltu â gosodiadau HMS / EA cyfredol | Angen llif data da i ffurfio cromlin cyfraddau<br><br>Ddim yn dangos lle ceir achosion o erydiad o fewn ardaloedd<br><br>Canlyniadau'n dangos mai cyfran fach o erydiad yr ardal yw'r gyfradd o waddodion yn ôl pob tebyg (gweler y pwynt uchod)<br><br>Drud i osod y cyfarpar, a chostau ychwanegol ar gyfer glanhau chwiledyddion, lawrlwytho data etc<br><br>Rhoi ystyriaeth i ddraenio o dan y caeau |             |

| Dull                               |   | Graddfa            | Amserlen  | Disgrifiad o'r dull  | Manteision y dull  | Cyfyngiadau'r dull   | Cyfeiriadau  |
|------------------------------------|---|--------------------|---|--|--|--|--|
|                                    | Arolygon o Gronfeydd Dŵr / Llynnoedd                            | Graddfa'r dalgylch | Dros gyfnod o amser   |  | Mae cronfeydd dŵr / llynnoedd yn aml angen eu draenio i ddilyn y dull hwn  | Ddim yn dangos lle ceir achosion o erydiad o fewn ardaloedd<br><br>Mesuriadau untro fel arfer i gael cofnod hanesyddol yn unig<br><br>Bydd gwallau'n gysylltiedig ag effeithlonrwydd dal gwaddodion a faint sy'n llifo yn syth o'r llyn neu'r gronfa ddŵr  | e.e.<br><br>Butcher et al. (1993),<br><br>He et al. (1996),<br><br>Labadz et al. (1991),<br><br>Rowan et al. (1995), |
|                                    | Arolygon traddodiadol o waddodion llonydd                       | Graddfa'r dalgylch | Dros gyfnod o amser   |  | Angen cromlin raddnodi ar gyfer ymylon sy'n codi ac yn gostwng   | Angen llif data da i ffurfio cromlin cyfraddau<br><br>Rhoi ystyriaeth i ddraenio o dan y caeau   | Collins (1981)<br>Heywood a Walling (2003),<br>Walling ac Amos (1999),<br>Wass a Leeks (1999)                        |
| <b>Technolegau Synhwyro o Bell</b> | Data lloeren (e.e. Sentinel, Landsat, Worldview 3, Planetscope) | Graddfa fawr       | Diffinnir gan y defnyddiwr ond mae hefyd yn ddibynnol ar amseroedd hedfan y lloeren | Mae lloerenni yn defnyddio data o fandiau sbectrol. Er enghraifft, mae Landsat yn defnyddio data o'r isgoch adlewyrchol gweledol (coch, gwyrdd, glas), isgoch canol ac isgoch thermal o'r sbectrwm electromagnetig<br><br>Defnyddir y bandiau hyn i nodi mynegeion pridd moel, a mynegeion planhigion, drwy ddefnyddio algorithmau<br><br>Ansawdd – 10m ar gyfer Sentinel a 30m ar gyfer Landsat | Da ar gyfer nodi ardaloedd lle ceir erydiad<br><br>Gellir ei ddefnyddio mewn ardaloedd anghysbell ac i nodi arwynebedd heb blanhigion<br><br>Archifau lluniau yn caniatáu asesu newidiadau mewn amser<br><br>Mwyaf addas ar gyfer ymchwilio i erydiad gyliau, ond mae rhai astudiaethau wedi edrych ar len erydiad ac erydiad cornenetydd drwy eu harwyddion sbectrol<br><br>Eithaf ymatebol i achosion diweddar o erydiad | Gall arwyddion sbectrol gael eu gorchuddio gan gymylau<br><br>Angen graddnodi i ddatblygu cyfres amser<br><br>Amseroedd hedfan yn cyfyngu ar y capasiti ar gyfer cynnal mesuriad sydyn o achosion newydd o erydiad<br><br>Byddai angen gwirio a yw ansawdd llun yn ddigon da ar gyfer y math o achos o erydiad sydd i'w fonitro<br><br>Prosesu data yn aml yn cymryd amser ac angen gweithwyr â sgiliau<br><br>Gall costau lluniau fod yn ddrud, yn enwedig gwasanaethau tanysgrifio megis Planetscope | e.e.<br>(Separu and Dube, 2018)  |

| Dull |                                     | Graddfa                                  | Amserlen                                  | Disgrifiad o'r dull   | Manteision y dull   | Cyfyngiadau'r dull   | Cyfeiriadau |
|------|-------------------------------------|--|---|---|---|--|-------------|
|      |                                     |  |   |   |   | <p>Dal angen gwaith ymchwil a datblygu sylweddol i drosi lluniau golau i fesur erydiad pridd</p> <p>Dim ond yn dangos pridd moel, ni ddangosir pan fo planhigion i'w cael</p>  |             |
|      | Ffotograffau o'r awyr / LIDAR       | Gellir dilyn y dull hwn yn ôl y gyllideb |   | Gall yr ansawdd fod yn uchel iawn (e.e 25cm)  | <p>Effeithiol wrth fonitro ardaloedd lle ceir erydiad ond ni ellir canfod cyfeintiau</p> <p>Mae Google Blue-sky yn cynnig platform ond mae'n dibynnu ar ddiweddarau ffotograffau</p> <p>Posibilrwydd bod yr archifau'n bodoli ac y gellir archwilio agweddau daearyddol ac amser erydiad</p> <p>Gwych ar gyfer ailadrodd mesuriadau o lethrau afonydd i asesu erydiad</p> <p>Gall ffotograffau o'r awyr gynnig ansawdd gwell na lloeren</p>                                   | <p>Byddai angen gwirio a yw ansawdd llun yn ddigon da ar gyfer y math o achos o erydiad sydd i'w fonitro</p> <p>Ddim yn hedfan mor aml â lloerenni</p> <p>Gall fod problemau o ran golwg mewn ardaloedd serth</p>  |             |
|      | Strwythur o ffotogrametreg symudiad | Graddfa caeau / tirwedd                  | Gellir ailadrodd mor aml ag sydd ei angen | Dull yn defnyddio UAV ynghyd â ffotograffau digidol â'r nod o greu DEM mewn lluniau 2D a 3D | <p>Addas iawn ar gyfer ucheldiroedd neu ardaloedd sy'n anodd eu cyrraedd ar droed</p> <p>Cost isel o gymharu â LIDAR daearol<br/>– gall y cyfarpar oll gostio tua £1,000, GPS a systemau camera</p> <p>Gellir defnyddio llwybrau hedfan wedi'u rhagosod i sicrhau y cwmpesir yr ardal</p> <p>Mae'r canlyniadau'n cymharu'n dda â LIDAR daearol</p> <p>Addas ar gyfer nodweddion erydiad e.e. cornentydd a gyliau, ond nid yw'n addas ar gyfer llen erydiad yn gyffredinol</p> | <p>Mae hedfan yn dibynnu ar y tywydd, ac mae cyflymder y gwynt yn arbennig o bwysig. Mewn ardaloedd ucheldiroedd, lle bo cyflymder gwyntoedd yn tueddu i fod yn uwch, gellir cyrraedd y terfyn uchaf o 30 km hr<sup>-1</sup> yn aml.</p> <p>Cyfarpar yn drymach i'w gario na GBPS, a gall hyn gyfyngu ar fynediad at safleoedd anghysbell.</p> |             |

| Dull                |  | Graddfa                            | Amserlen  | Disgrifiad o'r dull  | Manteision y dull   | Cyfyngiadau'r dull   | Cyfeiriadau                |
|---------------------|--|------------------------------------|---|--|---|--|----------------------------|
|                     |  |                                    |   |  | Mesur ardaloedd fesul hectar<br><br>Gwych i ailadrodd mesuriadau o lannau afonydd i asesu erydiad   |  |                            |
|                     | Systemau ffotograffau sy'n seiliedig ar y ddaear   | Graddfa caeau / tirwedd            | Gellir ailadrodd mor aml ag sydd ei angen   | Mae'r dull yn defnyddio ffotograffau sy'n seiliedig ar y ddaear i'w cymryd o onglau lletraws wrth dynnu lluniau o nodweddion erydiad, â geo-gyfeirio drwy nifer (20-30) o bwyntiau rheoli ar y ddaear. | Addas iawn ar gyfer ucheldiroedd neu ardaloedd sy'n anodd eu cyrraedd ar droed<br><br>Cost isel o gymharu â LIDAR daearol<br>– Gall y cyfarpar oll gostio tua £1,000, gan gynnwys corff yr awyren, awtopeilot, GPS a systemau camera<br><br>Mae'r canlyniadau'n cymharu'n dda â LIDAR daearol<br><br>Gall yr ansawdd fod mor dda â 2cm<br><br>Gellir cymharu'r canlyniadau â TL (DEFRA SP1311)<br><br>Gellir ei ddefnyddio ar gyfer ailadrodd mesuriadau o lannau afonydd i asesu erydiad | Dim ond yn addas ar gyfer nodweddion erydiad e.e. cornentydd a gyliau, ac nid llen erydiad yn fwy cyffredinol<br><br>Mwy addas ar gyfer ardaloedd bach (e.e. 0.1 hectar)   |                            |
| <b>Rhagfynegiad</b> | Modelu cyfrifiadurol gan ddefnyddio modelau megis <i>Universal Soil Loss Equation</i> (USLE) neu'r <i>Revised Universal Soil Loss Equation</i> | Graddfa leol i raddfa genedlaethol | Gellir ailadrodd mor aml ag sydd ei angen gan ddiwygio setiau data mewnbwn ar gyfer gwahanol senarios |  | Defnyddiol iawn gan y gellir ei ddefnyddio i amcangyfrif cyfeiriad tebygol newid os byddai paramedr erydiad allweddol (e.e. defnydd tir neu'r hinsawdd) yn newid dros ystod o raddfeydd daearyddol neu o ran amser  | Tebygol o oramcangyfrif y cyfraddau erydu gwirioneddol i fesuriadau cyfeintiol<br><br>Ddim yn rhoi ystyriaeth i erydiad pridd drwy ddraenio o dan gaeau<br><br>Cynhelir modelau ar raddfeydd cenedlaethol eisoes ar gyfer Cymru a Lloegr o dan brosiectau DEFRA a GMEP | e.e.<br>Cooper et al. 2010 |
|                     | Modelu cyfrifiadurol drwy ddefnyddio modelau tirwedd e.e.  | Graddfa'r ardal fel arfer          | Modelau esblygu tirwedd tymor hir gan gynnwys erydiad pridd   | Tracio gwaddodion o dirweddau a thrwy systemau afonydd wrth i waddodion gael eu cludo  | Eithaf effeithiol wrth foddelu cyfraddau tymor hir  | Cynnwys modelau megis RSULE felly yn ddarostyngedig i wallau o fewn modelau  | e.e.<br>Tye et al. 2013    |

| Dull                 |   | Graddfa                     | Amserlen  | Disgrifiad o'r dull  | Manteision y dull   | Cyfyngiadau'r dull  | Cyfeiriadau                  |
|----------------------|---|-----------------------------|---|--|---|---|------------------------------|
|                      | Caesar, CLYDE   |                             |   |  |   | Ddim yn rhoi ystyriaeth i erydiad pridd drwy ddraenio o dan gaeau |                              |
| <b>Tirlithriadau</b> |   |                             |   |  |   |   |                              |
|                      | Technolegau synhwyro o bell fel y disgrifiwyd uchod       | Cyfraddau caeau / tirweddau | Canfod o ffotograffau / lluniau lloeren raddau tirlithriadau  |  | Yr un manteision â'r rheiny a disgrifiwyd ar gyfer pridd                  | Anfanteision tebyg i'r rhai ar gyfer pridd                        |                              |
|                      | Cynhyrchion sy'n deillio o'r risg bosibl o dirolithriadau | Graddfa genedlaethol        | Cyfres o gynhyrchion daearegol llonydd sy'n asesu'r risg bosibl a grëir fel cynnyrch GEOSURE  | Mae'r rhain yn cynnwys: Tebygolrwydd tirlithriadau, llif gwaddodion, cronfa ddata ar dirolithriadau a thirlithriadau o feysydd glo |   | Llonydd ac felly nid yw'n ddeinamig                               |                              |
|                      | Posibiliadau yn y dyfodol                                 | Graddfa genedlaethol        | BGS wedi dechrau defnyddio glaw blaenorol fel ffordd o ragfynegi tirlithriadau, ac anfon negeseuon e-bost yn rhybuddio ar gyfer ymatebwyr categori 1 a chategori 2. Mae hyn wedi cael ei ddatblygu ar gyfer yr Alban yn unig ar hyn o bryd. |  | Mae potensial i ddatblygu'r dull ar gyfer Cymru os yw data addas ar gael. |   | E.e. Pennington et al. 2014. |

## 2.2 Y costau sy'n gysylltiedig â Methodolegau

Wrth bennu costau rhaglen debygol ar gyfer monitro erydiad, mae angen amlinelliad o'r hyn a fyddai'n ofynnol mewn arolwg, gan gynnwys y nodau, y defnydd tir y mae am ei gwmpasu a sut y mae'n bwriadu adrodd ar newidiadau erydu mewn ffordd ystyrion. Mae adroddiad diweddar gan DEFRA (SP1303 ac SP1311) wedi ymdrechu i fynd i'r afael â'r materion hyn. Gan hynny, mae'r adran isod yn cynnwys amlinelliad o'r materion a drafodir yn yr adroddiadau hyn ac mae'r materion hyn wedi'u defnyddio fel sail i ddarparu 'costau enghreifftiol' ar gyfer prosiect ERAMMP. Fodd bynnag, mae'n rhaid pwysleisio y byddai angen archwiliad ystadegol a methodolegol wedi'i deilwra ar gyfer Cymru a byddai hynny'n un o'r costau.

### Rhai Ystyriaethau ar gyfer Dyluniad Ystadegol

Cyn cyflwyno unrhyw raglen fonitro, byddai disgwyl ystyried cyfres o gwestiynau i bennu anghenion penodol yr arolwg a sut y gall yr arolwg gael ei weithredu. Byddai dechrau drwy chwilio am yr holl wybodaeth sy'n ymwneud ag erydiad pridd yng Nghymru yn darparu sylfaen ar gyfer gwneud penderfyniadau wedi'u datblygu'n arbennig fel GIS.

Nododd De Gruitjter et al. 2006 rai egwyddorion i'w hystyried wrth ddylunio rhaglen fonitro, a byddai'r rhain yn gymwys i raglen monitro erydiad pridd Cymru. Mae'r rhain wedi'u hamlinellu isod:

1. Beth yw'r dyluniad a'r manylion y mae angen i'r rhaglen eu hystyried:
  - a. Yr ardal ddaearyddol (e.e. Cymru).
  - b. Hyd yr amser y caiff erydiad pridd ei fonitro.
  - c. Tirwedd y pridd a'r defnydd tir (e.e. beth yw math y dosraniad pridd a'r categorïau eang ar gyfer defnydd tir (e.e. tir â'r, glaswelltir, a choedwig) sy'n cael eu hystyried).
  - d. Y newidyn targed sydd i'w archwilio (e.e. erydiad pridd ( $t \text{ ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ )).
  - e. Y paramedr targed e.e. newidiadau mewn erydiad pridd dros wahanol gyfnodau o amser (tymor hir a thymor byr).
  - f. Y maint targed.
  - g. Y math o ganlyniad y mae ei angen (e.e. mesur meintiol).
2. Mesur ansawdd y monitro (e.e. 95<sup>ed</sup> cyfwng hyder o amgylch yr amcangyfrif ar gyfer y newid cyfmedrig ar gyfer pob math o ddefnydd tir).
3. Cyfyngiadau – mae ystod o gyfyngiadau yn bodoli ar gyfer rhaglenni monitro gan gynnwys costau, mynediad at dir, a chyfyngiadau technolegol a dadansoddol.
4. Dylid casglu gwybodaeth a all helpu i ddylunio'r arolwg e.e. GIS, gwybodaeth o'r Arolwg Pridd ynghylch math o dir, data LIDAR a DEM, mesuriadau erydiad cyfredol).
5. Cymorth sampl (e.e. cae neu hectar).
6. Dull o asesu (e.e. pa ddulliau i'w defnyddio).
7. A oes angen samplau cyfansawdd (e.e. os defnyddir data craidd o ddadansoddiadau <sup>137</sup>Cs).
8. Casgliadau sy'n seiliedig ar ddyluniad neu'n seiliedig ar fodel – byddai dadansoddiad sy'n seiliedig ar fodel yn awgrymu y gellid dilyn dull geo-ystadegol drwy ddefnyddio cyfesurynnau o achosion o erydu. Fodd bynnag, gan fod nifer o achosion o erydu (nentydd a cheunentydd) yn fwyaf tebygol o gael eu hysgogi gan ddigwyddiadau byr neu gyfyngder daearyddol (e.e. glaw trwm

lleol), mae'n debyg y byddai dull sy'n seiliedig ar ddyluniad yn fwy addas. Byddai hyn yn seiliedig ar debygolrwydd neu samplu ar hap.

9. Samplu math o ddyluniad – wedi penderfynu hynny (e.e. ar hap).
10. Nodi manau ar gyfer samplu (niferoedd ac a fyddai angen ailadrodd samplau).
11. Dull o ddod i gasgliadau ystadegol.

Byddai cwestiynau pellach yn dal i godi ynghylch

1. A ydych yn gogwyddo'r samplau at briddoedd sy'n erydu ynteu a ydych yn dewis samplau cynrychioliadol o'r holl ddsbarthiadau ansawdd.
2. Materion ynghylch samplu mewn manau penodol dros sawl cyfnod o amser.

O ran y ddau fater hyn, roedd adroddiad diweddar DEFRA (SP1303) yn cynnig awgrymiadau ynghylch sut i fynd i'r afael â'r ddau gwestiwn. Yn gyntaf o ran ail-samplu, ystyriodd yr awduron gwaith a adolygwyd yn Evans et al. (2002) lle y cymerwyd ail samplau ar gyfer nifer o drawstoriadau pridd gwahanol ar draws tiroedd â'r yng Nghymru a Lloegr rhwng 1882 a 1986. Ar hyn o bryd, dyma'r unig set ddata sydd ar gael sy'n cynnal y math hwn o ddadansoddiad. Canfu'r awduron, wrth gymharu cyfraddau erydu ar gyfer yr ailsamplu, mai prin oedd y tebygrwydd rhwng yr amcangyfrifon cychwynnol o erydiad a'r amcangyfrifon dilynol. Yr awgrym felly yw y gall fod cysylltiad cynhenid rhwng erydu a'r tywydd, ac er y gall nodweddion y pridd megis ei ansawdd a'r % OC fod yn ddefnyddiol i bennu beth yw'r posibilrwydd y bydd pridd yn erydu, maent yn annhebygol o gyfrannu at gydberthynas pan fo erydiad yn cael ei fesur ar wahanol amseroedd. Y goblygiad i system monitro erydu felly yw nad oes mantais mewn samplu ar safleoedd penodedig ac y gellid defnyddio dull samplu annibynnol.

Er y gwyddys bod rhai mathau o wead pridd (tywod, gwaddod) yn fwy tebygol o erydu, aeth adolygiad ystadegol o'r data a gyflwynwyd yn SP1303 i'r afael â'r broblem hon. Unwaith eto, defnyddiwyd data gan Evans (2002), gan ddefnyddio'r mesuriad o'r erydiad cyntaf o bob un o'r 1,277 safle a ddefnyddiwyd. Nodwyd beth oedd gwead pridd pob safle yn y setiau data SSE&W. Roedd dadansoddiad ystadegol o'r data yn dangos na ellid gwrthod yr hypothesis o nwlwbynt, sef nad oedd y tri dosbarth gwead a ddiffiniwyd yn amrywio o ran cymedr y gyfradd erydu. Felly, ni roddwyd ystyriaeth bellach i ddyluniad ail samplu lle'r oedd y casgliadau'n seiliedig ar wead y pridd.

Y cam olaf wrth ystyried dylunio rhaglen fonitro yw asesu niferoedd y samplau. Unwaith eto, roedd adroddiad DEFRA (SP1303) yn archwilio hyn drwy ddefnyddio "Dadansoddiad Pŵer", eto yn seiliedig ar ddata gan Evans (2002). Dyma'r gofynion ar gyfer "Dadansoddiad Pŵer" fel yr awgrymwyd gan yr awduron:

1. Dylid ystyried amcangyfrif y gwahaniaeth cymedr mewn cyfradd erydiad rhwng dau ddyddiad, a hynny drwy gynnal samplau ar hap yn annibynnol ar ei gilydd.
2. Cafodd y data ei drawsnewid, felly diben y dasg yw canfod newid sylfaenol mewn cyfran o  $k$  yng nghymedr geometrig y gyfradd erydiad, hynny yw newid  $\log_e(1+k)$  yn y gyfradd log. Felly, pennwyd mai'r amrywiad yn y data yw'r pŵer ar gyfer y prawf- $t$  â dau sampl sy'n defnyddio  $s^2$  (samplu syml ar hap). Pennwyd mai prawf dwbl yw hwn (mae'r cynnydd a'r gostyngiad mewn erydiad o ddiddordeb), ac ar lefel sylweddol o 0.05. Y pŵer yw'r tebygolrwydd y gall newid sylweddol gael ei ganfod (prawf dwbl, lefel sylweddol o 0.05) fel newid sylfaenol i'r  $\log_e(1+k)$  ar y gyfradd log gyda sampl o faint penodol.
3. Defnyddiwyd targed cyffredin 'pŵer' o 80%.

Roedd canlyniadau'r 'Dadansoddiad Pŵer' yn awgrymu y byddai angen maint sampl o tua 300 sampl i fod â hyder o 80% y gallai'r arolwg ganfod cynnydd o 50% yn y gyfradd erydu (cymharu rhwng dau ddyddiad) a rhwng 900 a 1,000 o samplau i ganfod cynnydd o 25%.

Mae'r costau a luniwyd isod yn seiliedig ar y profiadau o gynnal rhaglen monitro pridd peilot fel yr adroddwyd arni yn adroddiad DEFRA (SP1311), a hynny rhwng 2014 a 2016. Mae'r rhain felly yn cynrychioli asesiadau cymharol gywir o'r oriau o lafur y byddai eu hangen i gynnal rhannau penodol o'r arolwg. Rydym wedi cynnwys costau staffio yn seiliedig ar gyfraddau FEC 2018 BGS.

1. Casglu data cyfredol ynghylch erydiad pridd yng Nghymru. Gellir ymestyn hyn i gynnwys Lloegr hefyd os yw'r data'n gyfyngedig. Paratoi GIS.

Amser a chostau: 2 wythnos ar lefel Band 6

2. Dyluniad Ystadegol rhaglen fonitro bosibl.

Amser a chostau: 2 wythnos ar lefel Band 5

3. Arolwg <sup>137</sup>Cs o gaeau ar gyfer erydiad pridd ac erydiad drwy aredig.

Yn seiliedig ar glystyrau samplu 5 pwynt, gan ddadansoddi a chraidd-samplu 5 clwstwr fesul safle. Yn ogystal, mae angen safleoedd cyfeiriadol felly mae'n bosibl y byddai angen 10 clwstwr fesul safle. Mae pob craidd-sampl yn debygol o rannu'n dri (0-20cm, 20-40cm, >40cm). Yn adroddiad DEFRA (SP1311), rhoddwyd syniad o'r gofynion amser i samplu a dadansoddi samplau <sup>137</sup>Cs ar gyfer 17 safle. Roedd hyn yn cynnwys 765 awr o waith maes a 1,524 awr o ddadansoddiadau mewn labordai. Ar gyfradd tâl band 6 NERC (sef £434 y dydd FEC), byddai hyn yn golygu ~£44,866+89,380 = £134,246. O ganlyniad, byddai 300 safle (heb gynnwys T&S a defnyddiau traul etc) yn golygu tua £2,369,047.

4. Costau enghreifftiol ar gyfer yr arolwg drwy ddefnyddio gwahanol dechnegau LIDAR a ffotogrametreg ar gyfer monitro erydiad cornentydd a gylïau.

Yn adroddiad DEFRA (SP1311), disgrifiwyd yr oriau gwaith a ganlyn ar gyfer cynnal arolwg mewn ystod o ardaloedd ucheldirol yn y DU. Mae'n bwysig nodi sut y mae costau ffotograffiaeth ar y ddaear yn sylweddol uwch oherwydd nifer y lluniau y byddai angen eu cymryd, gan awgrymu bod y dechneg hon yn fwy addas ar gyfer ardaloedd llai lle ceir patrymau erydu mwy cymhleth.

Tabl 2: Costau sy'n gysylltiedig â nifer o dechnegau ar sail canlyniadau adroddiad DEFRA (SP1311)

|   | Strwythur UAV o ffotogrametreg symudiad<br>(oriau-person) |                                | Systemau LIDAR Daeareol<br>(oriau-person) |                                | Ffotograffiaeth ar y ddaear<br>(oriau-person) |                                |
|---|---|--------------------------------|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
|   | Ar gyfer pob safle  | Ar gyfer pob hectar a arolygir | Ar gyfer pob safle                        | Ar gyfer pob hectar a arolygir | Ar gyfer pob safle                            | Ar gyfer pob hectar a arolygir |
| Casglu data maes  | 10.4  | 3.5                            | 6.5                                       | 1.9                            | 5.0   | 77.4                           |
| Amser CPU ar ôl prosesu   | 2.6   | 0.9                            | 13.3                                      | 3.9                            | 39.4  | 606.0                          |
| Amser person ar ôl prosesu (creu DTM, digideiddio, geo-gyfeirio etc.) | 3.0   | 1.0                            | 6.9                                       | 2.0                            | 3.2   | 49.6                           |



|  |        |     |         |     |      |       |
|--|--------|-----|---------|-----|------|-------|
| Cymedr amser person fesul techneg                                | 13.4   | 4.5 | 13.4    | 3.9 | 8.2  | 127.0 |
| Costau ar raddfa tâl Band 6 NERC (2018)                          |        |     |         |     |      |       |
| Amcangyfrif o gost cyfarpar (gan gynnwys caledwedd a meddalwedd) | £1,500 |     | £60,000 |     | £750 |       |

### 5. Costau ffotograffau o'r awyr

Ar gyfer canfod safleoedd posibl i'w dethol ar gyfer gwaith pellach, adroddodd Evans (2002) ar yr amser a gymerwyd i gynnal arolwg o gaeau wedi erydu â'u canfod drwy arolygon awyr. Roeddent yn awgrymu y cymerir rhwng 4 a 7 diwrnod gwaith i gymryd golwg ar ffotograffau o'r awyr o ~700 km<sup>2</sup> (byddai cyfraddau Band 6 ar gyfer 7 diwrnod yn gyfanswm o tua £3,100). Mae gan Gymru ardal o 20,779 km<sup>2</sup>. Fodd bynnag, mae bellach yn bosibl awtomeiddio'r broses, ac mae hyn yn golygu ei bod yn bosibl y gellid lleihau'r costau. Er enghraifft, mae dosbarthu pridd moel yn awtomatig wedi cael eu pennu yng nghatalog Llywodraeth Cymru o ffotograffau o'r awyr, a hynny ar y cyd â meddalwedd synhwyro o bell ENVI.

### 6. Costau ffotograffau lloeren

Mae'n debyg mai'r ffordd orau o ddefnyddio ffotograffau lloeren yw canfod ardaloedd sy'n erydu ac i weld sut y mae'r ardal sydd wedi erydu yn cynyddu/leihau dros amser ac mewn perthynas â digwyddiadau tywydd unigol dros gyfnodau o amser. Mae amryw o loerennau y gellid eu defnyddio ac mae mynediad at ddata naill ai'n rhad ac am ddim neu byddai'n cael ei ddarparu am gostau masnachol.

- Mae lloeren Sentinel 2 Asiantaeth Gofod Ewrop (ESA) yn rhad ac am ddim, ac mae iddo faint picstel o 10m x 10m. Byddai angen lawr lwytho a phrosesu llun cyfan, neu ran o lun, sydd fel arfer yn 290 x 200km o led cyn cywiro a dewis y rhandir ar gyfer dethol safleoedd. Mae'r broses o lawr lwytho, cywiro a chynhyrchu llun mewn GIS neu becyn meddalwedd arall (e.e. ESA SNAP toolbox, neu feddalwedd arall a brynir megis eCognition neu ENVI) yn debygol o gymryd tua 0.5 diwrnod i bob llun unigol. Gellir cael gafael ar samplau o'r archif am ddim. Byddai'r gwaith o archwilio lluniau yn debygol o fod yn debyg i'r broses ar gyfer ffotograffau o'r awyr fel y disgrifiwyd uchod, neu gallai'r broses nawr gael ei hawtomeiddio gan arbed costau.
- Mae lloeren ansawdd uchel – er enghraifft Worldview 3 (gan Satellite imaging Corp) yn darparu ansawdd llawer gwell (31cm yn y ffrâm bancromatig neu 1.5m yn y ffrâm amlsbechol). Mae lled y ffrâm tua 13km, ond mae hyn fel arfer yn rhan o fframiau ehangach. Mae costau masnachol yn cyrraedd cyfanswm o filoedd o bunnoedd fesul llun. Opsiwn arall fyddai defnyddio Planetscope, sef gwasanaeth tanysgrifio i luniau lloeren ag ansawdd 3m ac sy'n hedfan pob 2-3 diwrnod, ond mae hyn yn gostus. Yn yr un modd â ffotograffiaeth o'r awyr, gellir gweithredu dulliau dadansoddi awtomataidd.

## 2.3 A ellir defnyddio technoleg newydd i fonitro erydiad pridd

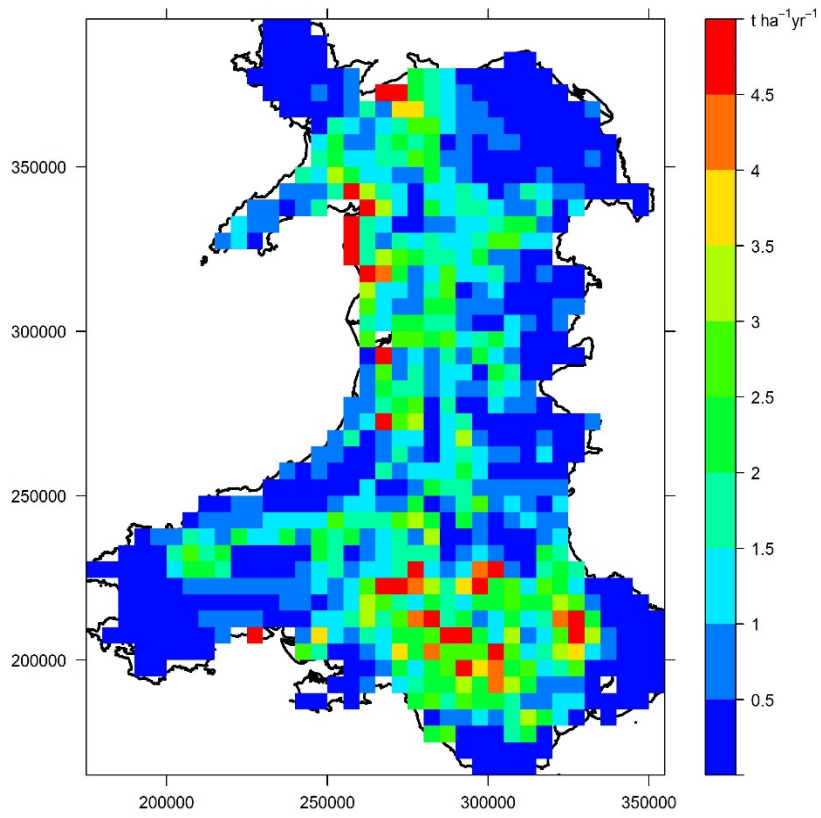
Mae Adran 2.1 wedi dangos manteision ac anfanteision ystod eang o dechnegau a ddefnyddir i fesur neu ragfynegi erydiad pridd. Mae ffactorau sy'n effeithio ar erydiad

pridd o ran amser ac yn ddaearyddol o fewn tirweddau pridd wedi dangos yr angen am yr ystod eang hon o dechnegau. Mae Adran 2.2 wedi darparu rhywfaint o dystiolaeth o'r costau yn seiliedig ar sylfaen ystadegol gadarn, ac mae wedi rhoi cynnig ar y technegau mewn astudiaeth beilot (DEFRA, SP1303 & SP1311). Wrth gwrs, mae costau uchel ynghlwm wrth y technegau hynny lle bo angen nifer fawr o oriau gwaith gan bobl. Fodd bynnag, dylid a gellir ystyried rhai technolegau newydd wrth ddylunio rhaglen monitro erydiad pridd, yn enwedig o fewn dull aml-dechneg a all gwmpasu cyfres o feintiau gwahanol o lefel genedlaethol i i lefel caeau er mwyn ateb amryw o wahanol gwestiynau.

O'r adolygiad o lenyddiaeth sy'n asesu technegau ar gyfer mesur erydiad pridd ar raddfa caeau ac o ran penderfynu ar y colledion ( $t$  ha  $yr^{-1}$ ), efallai mai'r fethodoleg fwyaf cadarn yw'r arolwg lle y cerddir dros y tir a chynnal mesuriad cyfeintiol fel y gwnaed yn yr 1980au hwyr gan Arolwg Priddoedd Cymru a Lloegr (e.e. Evans et al. 2017). Gellid diweddarau'r math hwn o arolwg i gynnwys asesiad drwy ddefnyddio UAV ynghyd â ffotograffau digidol. Yn adroddiad DEFRA (SP1311), canfuwyd bod y dechnoleg hon mor gywir â dadansoddiad LIDAR Daearol, ac mae'r costau o ran staffio a chyfarpar yn isel o'u cymharu â thechnegau eraill. Ar ôl dewis safle ar gyfer rhaglen monitro pridd, gallai defnyddio archifau o luniau lloeren ynghyd ag archifau o'r tywydd ddarparu data tymor hir wrth feithrin gwybodaeth am ymddygiad erydiad pridd ar safleoedd (e.e. achosion o erydu ar ôl cyfnodau o lawiad), gan fonitro UAV yn flynyddol i fesur cyfraddau'r erydiad. Bydd delweddau â geo-gyfeiriad yn golygu y gellir cyfrifir cyfraniad ardaloedd lle mae llethrau â fformatau GIS. Gellir bod angen cynnal profion i sicrhau cywirdeb llawr gwlad i ddechrau gan ddefnyddio LIDAR daearol i wirio cywirdeb, a bydd angen hyfforddi gweithredwyr dronau i ddechrau.

Yn draddodiadol, mae cyfarpar delweddau lloeren wedi cael eu defnyddio i ganfod ardaloedd lle ceir erydiad pridd neu bridd moel. Mae'r mynegeion hyn ochr yn ochr â mynegeion geomorffolegol eraill sy'n seiliedig ar GIS (e.e. nodweddion llethrau, cyfraniad ardaloedd lle ceir llethrau) wedi cael eu defnyddio i ddsbarthu difrifoldeb achosion o erydiad, ond mewn gwirionedd ni wnaed hyn ond mewn perthynas â gyliau (Separu and Dube, 2018). Fodd bynnag, gallai defnyddio adlewyrched sbectrol ar briddoedd (isgoch agos) ddangos y graddau yr effeithir ar bridd a galluogi i gornentydd, llenni a cheunentydd gael eu canfod (Separu and Dube, 2018). Mae'r arwydd sbectrol yn deillio o gyfansoddiad mwynau, mater organig, ansawdd a lleithder, a cheir cysylltiad ag erydiad drwy ddod i gasgliadau yn hytrach na mesur yn uniongyrchol. Fodd bynnag, gyda datblygiad parhaus dysgu peirianyddol, mae'n bosibl y gellir datblygu algorithmau a fyddai'n galluogi asesiadau cynt ar gyfer ardaloedd mwy. Ond, byddai hynny'n gofyn i ardaloedd eithaf mawr gael eu hymchwilio a'u mapio er mwyn gallu datblygu setiau data i ddysgu ohonynt.

Mae modelau yn ddefnyddiol i ateb y cwestiynau mawr sy'n ymwneud ag erydiad pridd ar raddfa genedlaethol. Er enghraifft, ar gyfer asesu effeithiau newidiadau polisi cymorthdaliadau (e.e. aredig rhagor o laswelltir). Yn ddiweddar, mae Cymru a Lloegr wedi cynnal gwaith modelu graddfeydd cenedlaethol mewn perthynas â newid yn yr hinsawdd (Cooper et al. 2010) ac ar wahân ar gyfer Cymru i'r prosiect GMEP (data heb eu cyhoeddi). Ceir yn Ffigur 2 asesiad blynyddol o'r erydiad dŵr a ragfynegydd yng Nghymru yn seiliedig ar fodel PESERA (Kirkby et al., 2008).



Ffigur 2: Erydiad dŵr a ragfynegir trwy ddefnyddio model PESARA yng Nghymru.

### 3 Casgliadau

- Mae colli adnoddau pridd drwy erydiad yn arwain at ystod eang o effeithiau y tu hwnt i gynhyrchiant amaethyddol. Mae hyn yn cynnwys effeithiau ar ecosystemau dyfrol a gall hyn achosi gwaddod mewn cyrsiau dŵr.
- Oherwydd cymhlethdod erydiad pridd a'r gwahanol raddfeydd daearyddol ac o ran amser, a'r gwahanol dechnegau sydd eu hangen i fonitro'r effeithiau a geir, awgrymir y gall fod angen dull aml-haen.
- Ar gyfer ysgogiadau a all achosi newidiadau ar raddfa genedlaethol mewn arferion amaethyddol (yr hinsawdd, cymorthdaliadau amaethyddol), gall modelau rhagfynegi ddarparu tystiolaeth o gyfeiriad datblygiadau.
- Mae arolygon lluniau lloeren/ffotograffau yn darparu modd ardderchog o ganfod lle y ceir erydiad, a gellir cysylltu hynny â ffactorau ynghylch y dirwedd a'r defnydd o'r tir. Mae hyn yn darparu ffordd i ganfod yr hyn sy'n achosi erydiad a llunio strategaethau lliniaru. Gellid cyfuno lluniau o'r awyr a lluniau lloeren i ddarparu cyfres dros gyfnod hwy.
- Awgrymir y bydd angen cynnal rhyw fesuriadau/profion i sicrhau cywirdeb llawr gwlad, a gall hyn gynnwys cyfuniad o LIDAR daearol a ffotogrametreg UAV.
- Mae'r technegau synhwyro o bell hyn yn briodol iawn wrth asesu erydiad ar lannau afonydd a thirlithriadau dros raddfeydd daearyddol a graddfeydd amser.

## 4 Argymhellion

Mae'r adolygiadau o erydiad pridd yng Nghymru (Boardman and Evans, 2006, a Morgan, 1985) yn dangos mai prif achos erydiad pridd yng Nghymru yw prosesau erydu ar ucheldiroedd e.e. mawndiroedd, tirlithriadau ac erydiad ar lannau afonydd, ynghyd ag erydiad dŵr ar draws y ffin â Lloegr. Byddai canfod lle y ceir manau cyffredin ar gyfer tirlithriadau ac erydiad ar lannau afonydd, ynghyd ag erydiad mawndiroedd yn cynnig un o'r asesiadau mwyaf cost-effeithiol o'r prosesau erydu amlycaf. Yma, rydym yn darparu amcangyfrif o faint a chost y sampl ar gyfer un dull posibl. Byddai mabwysiadu fframwaith modelu y gellir ei ddatblygu yng Nghymru yn darparu llinell sylfaen ddefnyddiol i gymharu data yn ei erbyn, gan wneud gwaith cwmpasu ar hyn gydag arbenigwyr ar erydu yn LIC a CNC.

### 4.1 Gwaith monitro wedi'i dargedu sy'n gysylltiedig â'r arolwg ERAMMP

- 1) Dylid cynnal adolygiad o achosion o dirlithriadau yng Nghymru a chanfod y lleoliadau a'r manau cyffredin drwy ddefnyddio arolwg o'r awyr, yn seiliedig ar ddata lloeren i ganfod manau cyffredin lle ceir erydiad ar lethrau. Gellid sicrhau cywirdeb llawr gwlad yn yr ucheldiroedd drwy ddefnyddio arolygon o flaenddyfroedd fel rhan o'r arolwg ERAMMP. (ca. £40k)
- 2) Dylid cynnal arolwg o'r awyr yn seiliedig ar ddata lloeren i ganfod manau cyffredin ar gyfer erydiad mawndiroedd. Gellid sicrhau cywirdeb llawr gwlad yn yr ucheldiroedd gan ddefnyddio arolygwyr i ganfod lleoliadau a'u cadarnhau yn ystod yr arolwg ERAMMP. (ca. £30k)
- 3) Dylid ystyried y posibilrwydd i wyddoniaeth dinasyddion adrodd ar erydiad llethrau a thirlithriadau (e.e. adeiladu ap newydd wedi'i ddatblygu gan CEH ar gyfer cofnodi bygythiadau i'r tir a'r pridd. Byddai'r ap ar gael am ddim a byddai'n gweithio heb fod ar-lein, a byddai'r data ar gael i ymchwilyr a gymeradwyir gan LIC). (ca. £10k)
- 4) Dylid trefnu cyfarfod cwmpasu i drafod opsiynau ar gyfer datblygu fframwaith modelu ar gyfer asesu erydiad pridd yng Nghymru. (ca. £4k)

Byddai'r camau uchod yn darparu asesiad cynhwysfawr o gyflwr a newidiadau posibl prosesau erydu a dargedir yn yr ucheldiroedd ac ar draws afonydd yng Nghymru, gyda chost gychwynnol o £84,000. Byddai'n gysylltiedig â'r arolwg o flaenddyfroedd a'r asesiad o gyflwr mawndiroedd o ddata gan arolygwyr. Mae'r elfen gwyddoniaeth dinasyddion yn cynnig potensial i gasglu tystiolaeth am gost isel yn y dyfodol.

### 4.2 Monitro Erydiad Pridd yng Nghymru gan ddefnyddio Caesiwm

Wrth bennu costau rhaglen debygol ar gyfer monitro erydiad, mae angen amlinellid o'r hyn y byddai'r arolwg yn ei gynnwys, gan gynnwys y nodau, y defnydd tir y mae am ei gwmpasu, a sut y mae am adrodd ar newidiadau erydol mewn ffordd ystyrlon. Mae adroddiadau diweddar gan DEFRA (SP1303 a SP1311) wedi ymdrechu i fynd i'r afael

â'r materion hyn a rhoi canllaw ar yr hyn y gall fod ei angen i gynnal rhaglen fonitro lawn yng Nghymru.

Y dyluniad ystadegol gorau fyddai defnyddio dadansoddiad pŵer gan fod y canlyniadau o wneud hynny wedi awgrymu y byddai angen tua 300 sampl i gael hyder o 80% y gallai'r arolwg ganfod cynnydd o 50% mewn cyfradd erydu (o gymharu dau ddyddiad) a rhwng 900 a 1,000 o samplau i ganfod cynnydd o 25%.

Yn adroddiad DEFRA (SP1311), rhoddwyd syniad o'r gofynion o ran amser i gael sampl a dadansoddi samplau  $^{137}\text{Cs}$  ar gyfer 17 safle. Roedd hyn yn cynnwys 765 awr o waith maes a 1,524 awr o waith dadansoddi mewn labordy. Ar gyfradd tâl Band 6 NERC (£434 y dydd FEC) byddai hyn yn gyfanswm o  $\sim£44,866+89,380 = £134,246$ . Felly, byddai 300 safle (heb T&S a defnyddiau traul etc.) yn gyfanswm o tua £2,369,047.

## 5 Cyfeiriadau

Boardman, J., Evans, R. 2006. Britain. In Soil Erosion in Europe. Golygwyd gan J. Boardman a J. Poesen.

Brus, D.J., de Gruijter, J.J. 1997. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model based sampling strategies for soil (with Discussion). *Geoderma*, 80, 1-44

Butcher, D., Labadz, J., Potter, A., White, P., 1993. Reservoir sedimentation rates in the southern Pennine region, UK. *Geomorphology and sedimentology of Lakes and Reservoirs*, 73-92.

Chappell, A., Warren, A., 2003. Spatial scales of <sup>137</sup>Cs-derived soil flux by wind in a 25 km<sup>2</sup> arable area of eastern England. *Catena*, 52(3), 209-234.

Cooper, D., Foster, C., Gooday, R., Hallett, P., Hobbs, P., Irvine, B., Kirkby, M., Morrow, K., Ragab, R., Rawlins, B., Richards, M., Smith, P., Spurgeon, D., Tye, A. 2010. Use of 'UKCIP08 Scenarios' to determine the potential impact of climate change on the pressures/threats to soils in England and Wales. Prosiect DEFRA SP0571

DEFRA, 2005. Documenting soil erosion rates on agricultural land in England and Wales. Adroddiad Terfynol Prosiect Ymchwil, SP0411.

DEFRA 2014. Adroddiad Terfynol i DEFRA SP1303: Developing a cost-effective framework for monitoring soil erosion in England and Wales.

DEFRA 2016. Adroddiad Terfynol i DEFRA SP1311: Piloting a cost effective framework for monitoring soil erosion in England and Wales.

De Gruijter, J., Brus, D., Bierkens, M., Knotters, M. 2006. *Sampling for Natural Resource Monitoring*. Springer.

Evans, R. 2002. An alternative way to assess water erosion of cultivated land – field based measurements: and analysis of some results. *Applied Geography*, 22, 187-208.

Evans, R., Collins, A.L., Zhang, Y., Foster, I.D.L., Boardman, J., Sint, H., Lee, M.R.F., Griffith, B.A. 2017. A comparison of conventional and <sup>137</sup>Cs based estimates of soil erosion rates on arable and grassland across lowland England and Wales. *Earth Science Reviews*, 173, 49-64.

Sefydliad Bwyd ac Amaeth, 2015: *Status of the World's Soils: Technical Summary*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 2015

Fullen, M., 1991. A comparison of runoff and erosion rates on bare and grassed loamy sand soils. *Soil Use and Management*, 7(3), 136-138.

Hardy, R.A., Pates, J.M., Quinton, J.N., Coogan, M.P. 2016. A novel fluorescent tracer for real time tracing of clay transport over soil surfaces. *Catena*, 141, 39-45.

He, Q., Walling, D., Owens, P., 1996. Interpreting the <sup>137</sup>Cs profiles observed in several small lakes and reservoirs in southern England. *Chemical Geology*, 129(1), 115-131.

Kimoto, A., Nearing, M.A., Shipitalo, M.J., Polyakov, V.O. 2006. Multi-year tracking of sediment sources in a small agricultural watershed using rare earth elements. *Earth Surface Processes and Landforms*, 31, 1763-1774.

Labadz, J., Burt, T., Potter, A., 1991. Sediment yield and delivery in the blanket peat moorlands of the southern Pennines. *Earth Surface Processes and Landforms*, 16(3), 255-271.

Lui, G., Xiao, H., Lui, P., Zhang, Q., Zhang, J. 2016. An improved method for tracing soil erosion using rare earth elements. *Journal of Soils and sediments*, 16, 1670-1679.

- McHugh, M., 2007. Short-term changes in upland soil erosion in England and Wales: 1999 to 2002. *Geomorphology*, 86(1–2), 204-213.
- McHugh, M., Harrod, T., Morgan, R., 2002. The extent of soil erosion in upland England and Wales. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(1), 99-107.
- Montgomery, D.R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 33, 13268-13272.
- Morgan, R.P.C. 1985. Assessment of soil erosion risk in England and Wales. *Soil Use and Management*, 1, 127-131.
- Parsons, A.J., Foster, I.D.L. 2011. What can we learn about soil erosion from the use of <sup>137</sup>Cs. *Earth Science Reviews*, 108, 101-113.
- Pennington, C., Dijkstra, T., Lark, M., Dashwood, C., Harrison, A., Freeborough, K. 2014. Antecedent precipitation as a potential proxy for landslide incidence in South West UK. *Proceedings of World Landslide Forum 3, 2 - 6 June 2014, Beijing*.
- Quine, T., Walling, D., 1991. Rates of soil erosion on arable fields in Britain: quantitative data from caesium-137 measurements. *Soil Use and Management*, 7(4), 169-176.
- Rowan, J., Goodwill, P., Greco, M., 1995. Temporal variability in catchment sediment yield determined from repeated bathymetric surveys: Abbeystead Reservoir, UK. *Physics and Chemistry of the Earth*, 20(2), 199-206.
- Separu, T.K., Dube, T. 2018. An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 9, 1-9.
- Tye, A.M., Hurst, M.D. & Barkwith, A.K.A.P. 2013. Nene phosphate in sediment Investigation. Prosiect Asiantaeth yr Amgylchedd, Cyfeirnod: 30258. OR/13/031
- Walling, D., Quine, T., 1991. Use of <sup>137</sup>Cs measurements to investigate soil erosion on arable fields in the UK: potential applications and limitations. *Journal of Soil Science*, 42(1), 147-165.



Gwag yn bwriadol.

Ymholiadau at:

Swyddfa Brosiect ERAMMP

Canolfan Ecoleg a Hydroleg Bangor

Canolfan yr Amgylchedd Cymru

Ffordd Deiniol

Bangor

Gwynedd

LL57 2UW

Ffôn: + 44 (0)1248 374528

E-bost: [erammp@ceh.ac.uk](mailto:erammp@ceh.ac.uk)

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

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