



Llywodraeth Cymru  
Welsh Government

# Rhaglen Dystiolaeth Polisi Pridd 2018-19

**Cynhwysedd storio  
dŵr priddoedd –  
astudiaeth gwmpasu**

9 Rhagfyr 2019

Cod Rhaglen: SPEP2018-19/10

## Cynnwys

<b>1. Y Cefndir</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Amcanion</b>	<b>4</b>
<b>2. Cyfrifiannell storio dŵr pridd</b>	<b>5</b>
<b>3. Methodoleg a chyfrifiadau</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Priodoleddau safle</b>	<b>6</b>
<b>3.1.1 Rhagfynegi priodweddau'r hinsawdd</b>	<b>6</b>
<b>3.1.2 Rhagfynegi priodweddau haenau pridd</b>	<b>6</b>
<b>3.1.2.1 Dwysedd gronynnau</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2.2 Swmp ddwysedd</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2.3 Mandylledd</b>	<b>8</b>
<b>3.1.2.4 Cynnwys dŵr cyfeintiol</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Cyfrifo cynhwysedd storio dŵr</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1 Addasu ar gyfer cynnwys cerrig</b>	<b>10</b>
<b>3.3 Cynrychioli diraddio'r strwythur</b>	<b>11</b>
<b>3.4 Dosbarthiad proffil pridd atodol</b>	<b>19</b>
<b>3.4.1 Dosbarth gwlybanaeth pridd</b>	<b>19</b>
<b>3.4.2 Dosbarth risg sathru a chywasgu</b>	<b>19</b>
<b>3.4.3 Dosbarth adfywio cywasgu</b>	<b>19</b>
<b>3.5 Mapio Cyfresi a Chymdeithasau Pridd</b>	<b>23</b>
<b>4. Canlyniadau ar gyfer dŵr ffo wyneb</b>	<b>26</b>
<b>4.1 Cadernid y cyfrifiad</b>	<b>26</b>
<b>4.2 Ymateb dalgylchoedd</b>	<b>27</b>
<b>5. Canlyniadau ar gyfer cynhyrchiant</b>	<b>33</b>
<b>6. Cyfeiriadau</b>	<b>34</b>

## Mapio cynhwysedd storio dŵr pridd ac effaith cywasgu pridd yng Nghymru

Dr Steven Anthony

RSK ADAS Cyf

9 Rhagfyr 2019

### Crynodeb

*Mae dull o gyfrifo cynhwysedd storio dŵr pridd yn seiliedig ar briodweddau haenau mesuredig a gofnodir ym 'Map Pridd Cenedlaethol Cymru a Lloegr' (NATMAP) Prifysgol Cranfield yn cael ei ddatblygu a'i gymhwyso i Gymru, a'i ddefnyddio i amcangyfrif effeithiau posibl diraddiad mewn strwythur pridd a manteision mapio priddoedd yn fanylach.*

*Cyfrifir y cynhwysedd storio drwy gyfrifo'r gwahaniaeth rhwng amcangyfrifon o gyfanswm mandylledd pridd a chynnwys dŵr ar gapasiti cae, gydag addasiad ar gyfer datblygu diffyg lleithder pridd yr haf. Mae'n cyfateb i'r cynhwysedd aer neu'r lle storio ar gyfer dŵr sy'n ymdreiddio. Mae'r canlyniadau manwl yn sensitif i'r dewis o swyddogaeth pedo-drosglwyddo a ddefnyddir i amcangyfrif cynnwys dal dŵr y pridd o fesuriadau cynrychioliadol o faint gronynnau a chynnwys carbon organig yr haen, ond mae'r canlyniadau'n gyson ar y cyfan ag astudiaethau eraill ac yn cipio'r amrywiad gofodol o ran cynhwysedd storio ledled Cymru. Cyfrifir bod y cynhwysedd storio blynyddol yn amrywio rhwng 30 a 270 mm ar gyfer Cyfresi Pridd unigol, gyda chysylltiadau sylweddol gyda dosbarth Hydroleg o Math o Bridd (HOST), cynnwys cerrig proffil a dyddiau capasiti cae.*

*Mae diraddio strwythur y pridd yn cael ei gynrychioli drwy addasu swmp ddwysedd yr uwchbridd drosodd a throsodd nes bod y swyddogaethau pedo-drosglwyddo yn dangos presenoldeb haen pridd sy'n araf athraidd neu'n anathraidd gyda chynhwysedd aer cyfrifedig isel. Ar gyfartaledd, mae'r cynnydd yn swmp ddwysedd yr uwchbridd tua  $0.5 \text{ g cm}^{-3}$  ar gyfer cyflwr strwythurol 'Gwael' o dan laswelltir ar draws Cymru gyfan. Amcangyfrifir bod dirwywiad strwythurol pridd ar draws y dalgylch yn arwain at leihad o 10 i 20% yng nghynhwysedd storio dŵr pridd, a thrwy gydberthynas â mynegrifau hydrolegol dalgylchoedd, yn cyfrannu at gynnydd o hyd at 10% mewn ymateb llif afon tymor byr i lawiad yn ystod y cyfnod capasiti cae. Fodd bynnag, mae graddfa ofodol wirioneddol diraddiad strwythurol pridd a chynhwysedd storio dŵr pridd yn dibynnu'n hanfodol ar hanes lleol rheoli ffermydd a chaeau, a chymau a gymerir i reoli risg. Bydd mapio risg gynhenid neu effaith diraddio yn genedlaethol yn seiliedig ar yr wybodaeth a gedwir yn y NATMAP yn ddangosydd safle gwael o ddirwywiad gwirioneddol, ac mae arolygon o laswelltir yn dangos bod lefelau difrifol o ddifrod pridd yn effeithio ar ran o'r dirwedd yn unig.*

*Mae ansicrwydd wrth gyfrifo cynhwysedd storio, sy'n deillio o amrywiad sampl mewn eiddo pridd wedi'i fesur a pherfformiad y swyddogaethau symud pedo, mor fawr ag effeithiau cyfrifo diraddiad strwythurol y pridd. Ni ellid atgynhyrchu'r cysylltiad rhwng strwythur a chynhwysedd aer mesuredig yr uwchbridd mewn arolwg glaswelltir cenedlaethol (o Gymru a Lloegr) pe bai swyddogaethau pedo-drosglwyddo yn cael eu defnyddio i amcangyfrif cynhwysedd aer. Mae achos dros ddatblygu a phrofi swyddogaethau trosglwyddo pedo-*

*drosoglwyddo gwell sy'n benodol i Gymru a glaswelltir parhaol. Mae angen swyddogaethau pedo-drosoglwyddo i gynrychioli effeithiau annibynnol swmp-ddwysedd a chynnwys carbon organig ar gynnwys dŵr priddoedd mwynol, ac ar gyfer gwell cynrychiolaeth o briddoedd organig.*

*Trwy gynhyrchu mapiau manylach o briddoedd ar Ynys Môn, llwyddwyd i ddelweddu cyfresi pridd â chynhwysedd storio dŵr pridd gwahanol iawn i'r rhan fwyaf o gyfresi eraill sy'n cyfrannu at Gymdeithas Bridd. Datgelodd y mapio pridd manylach hefyd y gallai amcangyfrifon lleol o gyfraniadau'r gyfresi bridd at gyfanswm arwynebedd Cymdeithas fod yn wahanol iawn i'r wybodaeth gryno lefel genedlaethol oedd ar gael yn flaenorol.*

## **1. Y Cefndir**

Fel rhan o raglen i ddarparu map Dosbarthiad Tir Amaethyddol (ALC) gwell ar gyfer Cymru, mae Llywodraeth Cymru wedi comisiynu Prifysgol Cranfield i ddarparu fersiwn cydraniad gofodol uwch o'r '*Map Pridd Cenedlaethol o Gymru a Lloegr*' (NATMAP) sy'n darlunio Cyfresi Pridd unigol yn lle Cymdeithasau Pridd, ar raddfa o 1:50,000. Darperir y fersiwn newydd hon o NATMAP gyda setiau data o briodweddau haenau pridd mesuredig (dosbarthiad maint gronynnau a chynnwys carbon organig yn ôl màs), yn seiliedig ar samplu proffiliau pridd cynrychioliadol ledled Cymru a Lloegr (Hallett *et al.*, 1995; Hollis ac Avery, 1997). Mae priodweddau haenau pridd rhagfynegol (swmp ddwysedd, mandylledd a chynnwys dŵr cyfeintiol) yn cael eu darparu hefyd, yn seiliedig ar swyddogaethau pedo-drosoglwyddo sydd wedi'u huwchraddio'n ddiweddar sy'n deillio o'r proffiliau pridd cynrychioliadol (Hollis *et al.*, 2012; Hollis *et al.*, 2015). Sylwch fod y diweddariadau hyn wedi canolbwyntio ar briddoedd mwynol.

Roedd Palmer (2015) eisoes wedi defnyddio priodweddau haenau pridd NATMAP i amcangyfrif a mapio cynhwysedd storio dŵr priddoedd yn nalgylchoedd Gwastadeddau a Gweunydd Gwlad yr Haf, i helpu i gyfathrebu rôl hydroleg y pridd a chanlyniadau diraddio strwythurol y pridd wrth reoli'r risg o ddŵr ffo wyneb. Er y gwnaed cyfrifiadau o gynhwysedd storio dŵr ar gyfer Cyfresi Pridd unigol, dim ond capasiti ar lefel Cymdeithas Bridd y gallodd Palmer ei fapio (2015), yn seiliedig ar ganran digwyddiad y gyfresi ym mhob Cymdeithas Bridd. Yn yr un modd, mae gan Lywodraeth Cymru ddiddordeb mewn cyfleu risgiau diraddio strwythurol pridd a mynegodd ddymuniaid am arddangosiad y gellid cymhwyso dull Palmer (2015) i'r fersiwn cydraniad gofodol uwch o NATMAP ar gyfer Cymru.

### **1.1 Amcanion**

Prif amcan yr astudiaeth gwmpasu hon oedd dangos ei bod yn ymarferol defnyddio'r wybodaeth yn y fersiwn cydraniad gofodol uwch o '*Fap Pridd Cenedlaethol ar gyfer Cymru a Lloegr*' (NATMAP) Prifysgol Cranfield i gyfrifo a mapio mynegai storio dŵr pridd ledled Cymru, mewn ffordd debyg i'r hyn a wnaed gan Palmer (2015) ar gyfer Gwastadeddau a Gweunydd Gwlad yr Haf.

Yr ail amcan oedd cyfrifo'r newid yn y mynegai storio dŵr pridd sy'n deillio o ddirywiad strwythurol yn y pridd, a gwneud sylwadau ar y canlyniadau posibl ar gyfer dŵr ffo glawiad cyflym. Diffinnir dirywiad strwythurol yma fel effeithiau cywasgu pridd, fel y'i mynegir fel lleihad yng nghynhwysedd aer a'r cynnwys dŵr sydd ar gael i blanhigion yn y proffil.

Y trydydd amcan oedd dangos manteision gwell cydraniad gofodol y NATMAP a gomisiynwyd gan Brifysgol Cranfield, sydd bellach yn seiliedig ar Gyfresi Pridd unigol yn hytrach na Chymdeithasau Pridd.

Cyflawnwyd yr amcan cyntaf a'r ail un drwy ddatblygu cyfrifiannell '*Cynhwysedd Storio Dŵr*' pridd ar ffurf taenlen Excel sy'n integreiddio mesuriadau proffil pridd NATMAP ar gyfer pob cyfres bridd yng Nghymru gyda nifer fawr o swyddogaethau pedo-drosglwyddo sy'n cael eu defnyddio i wneud y cyfrifiadau dirywiad strwythurol a storio dŵr angenrheidiol (**Adrannau 2 a 3**). Mae allbwn y cyfrifiannell yn cael ei fapio ar gyfer y Gyfres Bridd amlycaf ym mhob cell 1 gan 1 km<sup>2</sup> yng Nghymru (**Adrannau 3.3 a 3.4**). Asesir y canlyniadau posibl ar gyfer dŵr ffo cyflym drwy gymharu â mynegrifau hydrolegol pridd eraill ar raddfa'r dalgylch (**Adran 4**). Mae'r trydydd amcan wedi'i fodloni drwy gymharu mapiau storio dŵr pridd a gynhyrchwyd ar lefel Gyfresi a Chymdeithasau Pridd unigol ar gyfer Ynys Môn (**Adran 3.5**). Rydym yn cloi gyda chrynodeb o effaith bosibl cywasgu ar gynhyrchiant glaswelltir (**Adran 5**).

## 2. Cyfrifiannell storio dŵr pridd

Mae prototeip o gyfrifiannell '*Cynhwysedd storio dŵr pridd*' ar ffurf taenlen Excel wedi cael ei ddatblygu. Mae'r gyfrifiannell yn rhoi amcangyfrifon o faint o ddŵr sy'n cael ei storio yn y pridd a nifer o ddsbarthiadau proffil pridd atodol (dosbarth gwlypter y pridd, dosbarth risg sathru a dosbarth adfer ar ôl cywasgu) sy'n cael eu defnyddio i helpu i ddehongli'r risg o ddiraddio. Mae'r gyfrifiannell yn defnyddio'r priodweddau haenau pridd mesuredig o'r NATMAP yn unig ac yn defnyddio gweithrediadau newydd o swyddogaethau pedo-drosglwyddo i gyfrifo cynhwysedd storio dŵr pridd. Mae'r amser datblygu byr a neilltuwyd i'r astudiaeth gwmpasu hon yn golygu mai prototeip yw hwn, ac mae angen gwaith pellach i ddilysu'r holl gyfrifiadau yn llawn, a sicrhau bod y rhagfynegiadau'n synhwyrol ar gyfer haenau pridd â phriodweddau eithafol.

Mae'r gyfrifiannell yn caniatáu i'r defnyddiwr ddewis unrhyw Gyfres Bridd a geir yng Nghymru, ac i nodi'r defnydd tir cyfredol, cyfartaledd hirdymor glaw yr haf a phresenoldeb draeniau artiffisial. Mae'r gyfrifiannell wedyn yn deillio mynegrifau o gynhwysedd storio dŵr pridd wedi'i gywasgu a heb ei gywasgu, gan ddefnyddio'r fethodoleg a nodir yn fanwl isod (**Adran 3**). Gall y defnyddiwr arbenigol nodi dyfnder a difrifoldeb cywasgu'r pridd.

Darperir dwy swyddogaeth swp. Mae'r swyddogaeth gyntaf yn cyfrifo mynegai cynhwysedd storio dŵr pridd ar gyfer pob Cyfres Bridd a geir yng Nghymru, gyda phob un yn defnyddio'r un statws ar gyfer glaw'r haf y safle, math o ddefnydd tir a statws draenio artiffisial a nodir ar y prif dab 'Cyfrifiannell'. Mae'r ail swyddogaeth yn cyfrifo'r mynegai cynhwysedd storio dŵr pridd ar gyfer y Gyfres Bridd amlycaf a geir ym mhob 1 fesul 1 km<sup>2</sup> ledled Cymru, gan ddefnyddio'r statws math o ddefnydd tir a draenio artiffisial a nodwyd ar y prif dab

'Cyfrifiannell', a'r amcangyfrif lleol ar gyfer glaw yr haf. Darperir cyfleuster hefyd i samplu'r ansicrwydd yn y priodweddau pridd mesuredig, gan ddefnyddio'r wybodaeth a ddarparwyd ar eu gwriad cymedrig a safonol.

### **3. Methodoleg a chyfrifiadau**

#### **3.1 Priodoleddau safle**

Nodweddir safle gan hinsawdd, cyfres bridd benodol a dynnwyd o '*Fap Pridd Cenedlaethol ar gyfer Cymru a Lloegr*' (NATMAP) Prifysgol Cranfield, a math o ddefnydd tir (LUT; Tir Âr, Glaswellt Gwndwn, Porfa Barhaol ac Eraill). Cofnodir presenoldeb draeniau pridd artiffisial (ASD) hefyd.

##### **3.1.1 Rhagfynegi priodweddau'r hinsawdd**

Caiff nifer cyfartalog tymor hir o Ddyddiau Capasiti Cae (FCD; dyddiau) ar safle ei amcangyfrif o gyfartaledd tymor hir glaw yr haf (Ebrill i Medi; mm) gan ddefnyddio ffwythiant Cromlin Twf Chanter (Chanter, 1976; France a Thornley, 1984) swyddogaeth wedi'i addasu i efelychiadau model MORECS cenedlaethol a dyddiol (Hough *et al.*, 1997), ar gyfer y cyfnodau hinsawdd safonol 1941 i 1970 a 1961 i 1990 (*ar ôl* Keay *et al.*, 2013).

Caiff cyfartaledd tymor hir yr uchafswm Diffyg Lleithder Posibl yn y Pridd (PSMD; mm) ar safle ei amcangyfrif o gyfartaledd tymor hir glaw yr haf (Ebrill i Medi; mm) gan ddefnyddio ffwythiant polynomaidd wedi'i addasu i efelychiadau model MORECS cenedlaethol a misol o anwedd-drydarthiad posibl o dan borfa, ar gyfer y cyfnod safonol 1981 i 2010.

Mae'r ffwythiannau trosglwyddo yn cael eu cymhwyso i amcangyfrifon o gyfartaledd tymor hir glaw yr haf ar gyfer y cyfnod safonol 1981 i 2010, sy'n cael eu cyrchu ar gydraniad gofodol o 5 fesul 5 km gan set ddata ryngosod o arsylwadau gorsafoedd synoptig '*United Kingdom Climate Programme 2018*' (UKCP18) y Swyddfa Dywydd.

##### **3.1.2 Rhagfynegi priodweddau haenau pridd**

Ar gyfer pob Cyfres Bridd, mae setiau data NATMAP yn darparu mesuriadau cynrychioliadol o ddsbarthiad maint gronynnau (PSD; Tywod, Silt a Chlai; %) a chynnwys carbon organig (OC; %) yn ôl màs ar gyfer pob haen o bridd i ddyfnder o 100 cm neu graigwely. Darperir gwerthoedd cynrychioliadol o garbon organig ar gyfer pob LUT. Nid yw pob LUT ar gael ar gyfer pob cyfres bridd.

Yn achos llawer o'r Cyfresi Pridd yn setiau data NATMAP, prin oedd y mesuriadau o ddsbarthiad maint gronynnau a charbon organig a oedd yn cyfrannu at y mesur cynrychioliadol a/neu roedd gwyddonydd pridd arbenigol wedi rhoi gwerth ystyrlon ar gyfer y briodwedd. Mae'r rhain wedi'u nodi'n glir ac ni chânt eu darparu gydag unrhyw amcangyfrif o wriad safonol y briodwedd. Cyfrifwyd sgôr ansawdd data, wedi'i ddiffinio fel

canran y gwerthoedd dosbarthiad maint gronynnau a charbon organig oedd â mesuriadau digonol i roi amcangyfrif o wyriad safonol y briodwedd.

#### **3.1.2.1 Dwysedd gronynnau**

Tybir bod dwysedd gronynnau (PD;  $\text{g cm}^{-3}$ ) ar gyfer pob haen bridd yn  $2.65 \text{ g cm}^{-3}$  ar gyfer gronynnau tywod, silt a chlai, ac  $1.4 \text{ g cm}^{-3}$  ar gyfer y deunydd organig mewn haenau mawn (ar ôl Paivenen, 1973).

#### **3.1.2.2 Swmp ddwysedd**

Caiff swmp ddwysedd (BD;  $\text{g cm}^{-3}$ ) sych haen bridd y gydran pridd mân (ac eithrio cerrig) ei ddarogan gan y gyfrifiannell o set ddata NATMAP o fesuriadau cynrychioliadol o ddsbarthiad maint gronynnau a deunydd organig, gan ddefnyddio ffwythiannau pedo-drosglwyddo Hollis *et al.* (2012) ar gyfer priddoedd y Deyrnas Unedig. Mae ffwythiannau pedo-drosglwyddo yn ymwneud yn benodol ag uwchbridd wedi'i drin, isbridd cywasgedig, haenau organig a mwynol eraill, ac maent yn seiliedig ar ddadansoddiad o 1,545 o haenau pridd o gronfa ddata Sefydliad Adnoddau Pridd Cenedlaethol (NSRI) Prifysgol Cranfield o briodweddau ffisegol pridd a gasglwyd dros y cyfnod 1966 i 2000. Dyma'r un ffwythiannau pedo-drosglwyddo pedo a ddefnyddir gan Brifysgol Cranfield i boblogi set ddata NATMAP o briodweddau pridd rhagfynegol. Datblygwyd set amgen o ffwythiannau pedo-drosglwyddo ar gyfer swmp ddwysedd gan Hallett *et al.* (1998) sy'n benodol i haen a defnydd tir priddogol. Maent wedi'u cynnwys fel dewis arbenigol yn y gyfrifiannell '*Cynhwysedd Storio Dŵr*', ond nid argymhellir eu defnyddio gan eu bod yn gwneud rhagfynegiadau afrealistig ar gyfer rhai haenau sydd â chynnwys carbon organig uchel.

#### **3.1.2.3 Mandylledd**

Cyfrifir mandylledd cyfeintiol haen bridd (%) yn uniongyrchol o gymhareb y swmp ddwysedd a dwyseddau gronynnau rhagfynegol.

#### **3.1.2.4 Cynnwys dŵr cyfeintiol**

Caiff cynnwys dŵr cyfeintiol (%) ar sugnedd o 5, 10, 200 a 1500 kPa ei ragfynegi gan y gyfrifiannell o set ddata NATMAP o fesuriadau cynrychioliadol o ddsbarthiad maint gronynnau a charbon organig, gan ddefnyddio set o ffwythiannau pedo-drosglwyddo a ddatblygwyd gan Hollis *et al.* (2006) i'w defnyddio gyda chronfa ddata SEISMIC (Spatial Environmental Information System) sy'n cael ei defnyddio i gefnogi'r modelau tynged ac ymddygiad agro-gemegol.

Mae'n bwysig deall *nad* y ffwythiannau trosglwyddo hyn a ddefnyddir gan Brifysgol Cranfield i boblogi'r setiau data o gynnwys dŵr cyfeintiol rhagfynegol sy'n cael eu darparu gyda NATMAP. Mae Prifysgol Cranfield yn defnyddio'r ffwythiannau pedo-drosglwyddo a



datblygwyd gan Hollis *et al.* (2015) ar gyfer priddoedd mwynol y Deyrnas Unedig. Datblygwyd ffwythiannau ar wahân ar gyfer haenau sy'n cael eu trin yn rheolaidd a haenau na chânt eu trin, gyda haeniad yn seiliedig ar ddwysedd pacio'r haen. Fe'u cynhwysir fel dewis arbenigol yn y gyfrifiannell '*Cynhwysedd Storio Dŵr*', ond nid argymhellir eu defnyddio.

Mae'r ffwythiannau trosglwyddo a ddatblygwyd yn fwyaf diweddar gan Hollis *et al.* (2015) yn cael eu cyflwyno ar wahân ar gyfer haenau â dwysedd pacio isel, canolig ac uchel. Cyfrifir yr olaf o'r cynnwys clai (%) a swmp ddwysedd, ac felly gall y ffwythiant pedo-drosglwyddo a ddewisir newid wrth i swmp ddwysedd gael ei gynyddu i gynrychioli cywasgu pridd. Canfuwyd bod hyn yn arwain at annilyniant yn y cynhwysedd storio dŵr cyfrifedig ar gyfer rhai haenau.

Yn fwyaf allweddol, nid yw'r ffwythiannau trosglwyddo a ddatblygwyd yn fwyaf diweddar gan Hollis *et al.* (2015) yn cynnwys swmp ddwysedd a chynnwys carbon organig *ill dau* fel rhagfynegyddion o gynnwys dŵr pridd ym *mhob* ffwyddiant trosglwyddo. Mae cydberthynas negyddol gref iawn rhwng swmp ddwysedd haen a chynnwys carbon organig mewn setiau data proffil pridd cenedlaethol (gweler, er enghraifft, Rawls *et al.*, 2003). Mae methiant i gynnwys y ddau ragfynegydd yn y ffwythiannau trosglwyddo yn golygu nad yw eu heffeithiau annibynnol posibl yn cael eu cynrychioli. Nod yr astudiaeth hon oedd cyfrifo effeithiau cywasgu pridd trwy addasu swmp ddwysedd haen yn annibynnol ar gynnwys carbon organig, felly credwyd bod y ffwythiannau trosglwyddo diweddaraf yn amhriodol. Mae'n bosibl bod hyn yn effeithio ar astudiaeth Palmer (2015) hefyd. Yn hytrach, defnyddir y ffwythiannau a ddatblygwyd i'w defnyddio gyda SEISMIC. Mae'r ffwythiannau hyn yn cynnwys swmp ddwysedd a chynnwys carbon organig *ill dau* fel rhagfynegyddion ar gyfer cynnwys dŵr cyfeintiol ar bob tyniant (5, 10, 200 a 1500 kPa), ar gyfer yr uwchbridd a'r isbridd, ac roedd ganddynt ystod debyg o effeithlonrwydd model ( $r^2$  68.3 i 83.8%) i'r ffwythiannau diweddaraf ( $r^2$  36 i 85%).

Mae cynnwys dŵr haenau pridd organig (mawn) yn cael ei amcangyfrif yn uniongyrchol o garbon organig yr haen. Mae angen gwneud rhagor o waith i brofi a gwella'r ffwythiannau hyn.

*Ni wneir unrhyw hawliad bod y ffwythiannau trosglwyddo cynharach yn 'well' neu'n fwy 'cywir' na'r rhai sy'n cael eu defnyddio ar hyn o bryd ar gyfer NATMAP. Yn wir, datblygwyd y ffwythiannau trosglwyddo a ddefnyddir ar hyn o bryd ar gyfer NATMAP yn rhannol er mwyn unioni amcangyfrif rhy uchel tybiedig o gynnwys dŵr priddoedd tywodlyd. Fodd bynnag, credir bod angen cynrychioli effeithiau ar wahân ar gyfer y dadansoddiad hwn lle y caiff swmp ddwysedd ei gynyddu i gynrychioli effaith cywasgu, ac y dylai'r effeithiau ar wahân fod ar gael i bob dosbarth gwead. Mae'r ddwy set o ffwythiannau trosglwyddo yn darparu trefn debyg iawn ( $r^2$  80%) o gyfresi pridd ar gyfer cynhwysedd storio dŵr heb ei gywasgu, ac ar gyfer y newid canrannol sy'n deillio o gywasgu, felly maent yn offerynnau rhyngosod llawn cystal â'i gilydd.*



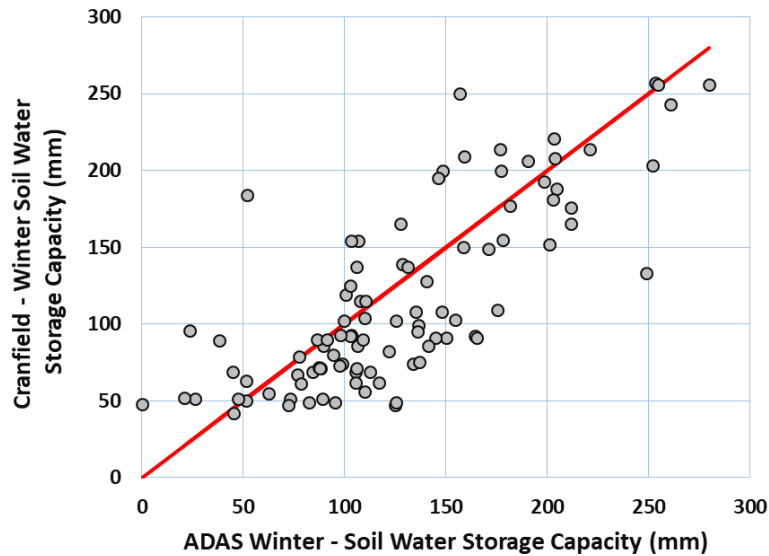
### 3.2 Cyfrifo cynhwysedd storio dŵr

Yn dilyn Palmer (2015), diffinnir mynegai Cynhwysedd Storio Dŵr ( $WSC_w$ ; mm) pridd y gaeaf fel y Cynhwysedd Aer Integredig (IAC; mm) hyd at ddyfnder uchaf o 100 cm. Y Cynhwysedd Aer Integredig yw cyfaint yr aer mewn pridd llaith, sy'n dal dŵr rhag disgyrchiant ar sugnedd o 5 kPa (neu 10 kPa ar gyfer priddoedd tywodlyd), wedi'i integreiddio o'r wyneb i haen bridd araf athraidd neu anathraidd, creigwely neu 100 cm, pa un bynnag sydd lleiaf dwfn. Diffinnir haen bridd araf athraidd neu anathraidd fel un sydd â chynhwysedd aer o lai na 5%, yn ôl cyfaint, ar sugnedd o 5 kPa (Thomasson, 1975), a dargludedd hydrolog dirlawn ochrol cysylltiedig o lai na 10 cm diwrnod<sup>-1</sup> (Hollis a Woods, 1989). Caiff yr haenau pridd cyfyngol eu nodi'n ddeinamig ym mhob diweddariad o'r swmp ddwysedd a chynnwys dŵr y proffil.

Mae Cynhwysedd Storio Dŵr ( $WSC_s$ ; mm) yr haf yn ychwanegu'r dŵr sydd ar gael yn hawdd i blanhigion sy'n cael ei ddal gan y pridd ar sugnedd rhwng 5 a 200 kPa sugno, i gynrychioli anwedd-drydarthiad dŵr pridd. Ni all y storfa ychwanegol fod yn fwy na PSMD y safle. Cyfrifir  $WSC_A$  blynyddol drwy bwysoli gwerthoedd y gaeaf a'r haf â nifer y FCD.

Mae'r mynegai hwn o gynhwysedd storio dŵr pridd fel mesur o risg o ddŵr ffo wyneb yn amlwg yn symleiddiad gan nad yw'n ystyried:

- **Dwysedd glawiad** : Yn hollbwysig, mae glawiad yn ymdreiddio i bridd yn cael ei bennu gan gyfradd cyrraedd y glaw a chyfradd symud y ffrynt gwlychu i'r pridd. Gallai hyn gael ei gynrychioli gan fodolau mecanistig o ymdreiddiad glaw, yn seiliedig ar ddull Green ac Ampt (1911).
- **Glawiad rhagflaenol a draeniad artiffisial y pridd** : Efallai na fydd gan briddoedd â dargludedd hydrolog fertigol neu ochrol isel, yn enwedig y rhai heb ddraeniau artiffisial wedi'u gosod, ddigon o amser i ddraenio i gapasiti cae rhwng digwyddiadau glawiad. Bydd hyn yn lleihau'r gofod awyr sydd ar gael. Gellid cynrychioli hyn drwy ddefnyddio cynnwys dŵr y pridd ar dyniant is na 5 kPa ('capasiti cae') wrth ddeillio cynhwysedd storio dŵr y pridd am ffracsion y dyddiau pan fo'r pridd ar gapasiti cae. Fe allai ffracsion y dyddiau fod yn seiliedig ar Ddosbarth Gwlypter Pridd amcangyfrifedig (gweler isod) a'r berthynas a welwyd rhwng FCD a nifer y diwrnodau pan fo'r pridd yn wlyb o fewn dyfnder o 40 cm (Hollis, 1989).



**Ffigur 1** Cymharu Cynhwysedd Storio Dŵr ( $WSC_w$ ; mm) pridd y gaeaf wedi'i gyfrifo i ddyfnder o 100 cm (gan eithrio priddoedd bas) ar gyfer Cyfresi Pridd unigol a geir yng Nghymru, yn ôl Prifysgol Cranfield a chan ADAS (yr astudiaeth hon) gan ddefnyddio gwahanol ffwythiannau pedo-drosglwyddo, ar gyfer defnydd tir 'Porfa Barhaol'.

Mae Ffigur 1 yn cymharu'r  $WSC_w$  a gyfrifwyd gan ddefnyddio ffwythiannau pedo-drosglwyddo SEISMIC (Hollis *et al.*, 2006) a NATMAP (Hollis *et al.*, 2015). Mae cydberthynas dda, ond gwelir bod gan y ffwythiant NATMAP drothwy  $WSC_w$  o tua 50 mm.

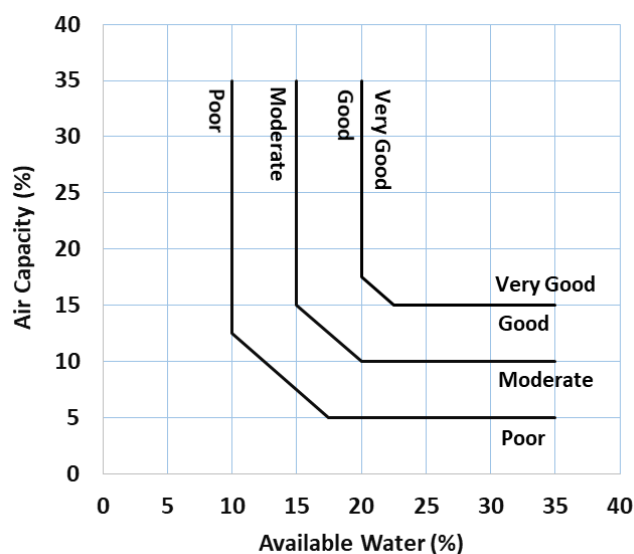
Mae gan y ffwythiannau pedo-drosglwyddo a ddefnyddir i amcangyfrif swmp ddwysedd (a ddefnyddir i gyfrifo cyfanswm mandylledd) a chynnwys dŵr ar sugnedd o 5 neu 10 kPa, wallau sgwâr cymedrig y gwraidd safonedig (SRMSE) o tua 10 i 15% (Hollis *et al.*, 2004; 2008; 2012; Hallett *et al.*, 1998). Mae SRMSE y cynhwysedd aer rhagfynegol sy'n cael ei gyfrifo gan wahaniaeth felly oddeutu 15 i 20%, yn seiliedig ar ragdybiaeth o wallau cyfrannu annibynnol. Felly mae gan  $WSC_w$  disgwylidig o 100 mm gyfwng rhagfynegiad bras o 60 i 140 mm. Felly, bydd y rhagfynegiadau a wneir ar gyfer proffil pridd mewn lleoliad penodol yn ansicr, a rhaid rhoi mwy o sylw i batrwm gofodol y rhagfynegiadau cymharol a wneir ar gyfer nifer o leoliadau. Mae'r cyfwng rhagfynegi yn debyg i effaith diraddio strwythur y pridd, fel y dangosir isod, ac mae'r ansicrwydd hwn yn cael ei gydnabod gan wyddonwyr pridd. Er enghraifft, aeth Truong a Heuvelink (2013) ati i ganfod barn arbenigwyr ar yr ansicrwydd mewn rhagfynegiadau ffwythiannau pedo-drosglwyddo o gynnwys dŵr pridd ar gapasiti cae gan ddefnyddio gwybodaeth o'r NATMAP ar gyfer ardal sialc Dwyrain Anglia. Barnodd chwe arbenigwr gydag o leiaf ddeng mlynedd o brofiad o wyddor pridd fod yr ystod *debygol* rhwng  $\pm 5$  a  $\pm 50\%$ .

### 3.2.1 Addasu ar gyfer cynnwys cerrig

Nid yw'r canlyniadau enghreifftiol a gyflwynir yn yr adroddiad hwn yn rhoi ystyriaeth benodol i gynnwys carreg haenau, er mwyn egluro effeithiau gwedd y pridd. Fodd bynnag, amcangyfrifir cynnwys cerrig pob haen o ddisgrifiadau yn y setiau data NATMAP, a bydd y gyfrifiannell taenlen Excel yn defnyddio'r wybodaeth hon i leihau'r cyfrifiad o gynhwysedd aer integredig a chynhwysedd storio dŵr pridd yn gymesur ar gyfer pob haen. Mae'r gwerthoedd a roddir ar gyfer mandylledd a chynnwys dŵr haenau yn rhagdybio nad ydynt yn cynnwys unrhyw gerrig.

### 3.3. Cynrychioli diraddio strwythurol

Swmp ddwysedd haen pridd yw'r rhagfynegydd mwyaf arwyddocaol yn ystadegol o ofod aer a chynhwysedd storio dŵr pridd haenau. Mae astudiaethau blaenorol wedi ceisio diffinio'r gwerthoedd trothwy ar gyfer swmp ddwysedd sy'n cynrychioli priddoedd sydd wedi diraddio'n strwythurol neu wedi'u cywasgu (gweler, er enghraifft, Merrington *et al.*, 2006; Palmer, 2015). Yn benodol, defnyddiodd Palmer (2015) gynnydd amcangyfrifedig mewn swmp ddwysedd i ailgyfrifo mandylledd a chynnwys dŵr pridd, a thrwy hynny amcangyfrifon o'r newid mewn  $WSC_w$  a  $WSC_s$  ar ôl cywasgu.



**Ffigur 2** Sgematig o'r diffiniad o ansawdd strwythurol y pridd, yn seiliedig ar y cynhwysedd aer cyfeintiol a chynnwys dŵr y pridd sydd ar gael i blanhigion (ar ôl Hall *et al.*, 1977).

Roedd yr astudiaeth hon hefyd yn defnyddio newidiadau mewn swmp ddwysedd i gynrychioli effaith cywasgu, ond defnyddir diffiniad mwy penodol o ansawdd strwythurol pridd. Yn dilyn Hall *et al.* (1977), diffinnir ansawdd strwythurol gan Gynhwysedd Aer (%) a Dŵr sydd ar Gael i blanhigion (AW; %) yr uwchbridd. Cynhwysedd Aer yw'r gwahaniaeth

rhwng mandylledd cyfeintiol a chynnwys dŵr sy'n cael ei ddal rhag disgyrchiant ar sugnedd o 5 kPa (neu 10 kPa ar gyfer priddoedd tywodlyd), a'r Dŵr sydd ar Gael yw'r gwahaniaeth rhwng cynnwys dŵr cyfeintiol sy'n cael ei ddal yn erbyn disgyrchiant ar 5 (neu 10 kPa ar gyfer priddoedd tywodlyd) a 1500 kPa. Bydd gan haen bridd â strwythur da gynhwysedd aer a lefel Dŵr sydd ar Gael uchel (Ffigur 2).

Mae'r trothwyon cynhwysedd aer critigol o 10 a 5% rhwng statws 'Da' a 'Cymedrol' a rhwng statws 'Cymedrol' a 'Gwael' yn cyfateb i ofod mandwll wedi ei fodelu o gyfanswm o tua 50 a 45%, ar gyfer ystod eang o weadau pridd, sy'n cyfateb i swmp ddwyseddau o tua 1.3 a 1.5 g cm<sup>-3</sup>. Yn gyffredinol, caiff twf gwreiddiau planhigion ei rwystro'n fecanyddol os yw'r swmp ddwysedd yn uwch na 1.3 i 1.7 g cm<sup>-3</sup> (Houlbrooke *et al.*, 1997; Huber *et al.*, 2008). Mae'r trothwy cynhwysedd aer critigol o 5% rhwng statws 'Cymedrol' a 'Gwael' yn cyfateb i'r diffiniad o haen araf athraidd (Thomasson, 1975), sy'n cyfyngu ar symudiad dŵr sy'n ymdreiddio i'r isbridd. Mae angen cynhwysedd aer o tua 10% hefyd ar gyfer gwasgaru ocsigen yn ddigonol ac i osgoi'r risg o ddatblygu amodau anaerobig (Huber *et al.*, 2008). Dewiswyd y trothwy argaeledd dŵr critigol rhwng statws 'Da' a 'Cymedrol' o 15% gan Hall *et al.* (1977) i wahanu priddoedd sy'n 'sych' neu sydd â chyflenwad dŵr amheus oddi wrth y rhai sydd â chyflenwad da neu ddigonol. Mae Hall *et al.* (1977) yn awgrymu y gellid addasu'r dosbarthiad ar gyfer rhannau gwlypach o'r wlad, lle mae'r uchafswm diffyg lleithder pridd posibl yn llai na 100 mm, drwy gynyddu'r gofyniad cynhwysedd aer a gostwng y gofyniad dŵr sydd ar gael.

Cyfrifir ansawdd strwythurol pob haen bridd ar gyfer y cyflwr heb ei gywasgu 'cyfeirio', yn ôl Ffigur 2. Mae gan y rhan fwyaf o haenau uwchbridd 'cyfeirio' statws 'Da iawn' a 'Da'. Yna caiff swmp ddwysedd haen ei gynyddu'n raddol nes bod yr ansawdd strwythurol yn newid naill ai i 'Cymedrol' neu 'Gwael' yn dibynnu ar y senario dan sylw. Sylwch, os yw haen isbridd eisoes wedi cyrraedd yr ansawdd strwythurol targed, yna nid oes newid yn y swmp ddwysedd. Yna caiff gwerth newydd swmp ddwysedd ei ddefnyddio i ail-gyfrifo WSC proffil y pridd, gan ystyried unrhyw newidiadau yn Hydreiddedd gorwelion y pridd sy'n effeithio ar ddyfnder yr integreiddio.

Mae Ffigur 3 yn dangos ystod y cynnydd sydd ei angen yn swmp ddwysedd haen 'A' i newid ansawdd strwythur y pridd o 'Da iawn' neu 'Da' i 'Cymedrol' ar gyfer pob un o'r Cyfresi Pridd mwynol a geir yng Nghymru, o dan laswelltir parhaol sydd heb ei ddraenio. Mae'r cynnydd ar gyfartaledd o gwmpas 0.2 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer statws 'Cymedrol' a 0.4 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer statws 'Gwael' o dan laswelltir, a thua <0.1 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer statws 'Cymedrol' a 0.2 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer statws 'Gwael' o dan dir âr. Mae'r newid mewn swmp ddwysedd y cyfrifir sydd ei angen i sicrhau cywasgu 'Cymedrol' yn fwy ar gyfer 'Porfa Barhaol' na defnydd tir 'Âr', o ganlyniad i'r cynnwys carbon organig uwch mewn pridd o dan laswelltir a swmp ddwysedd cychwynnol is.

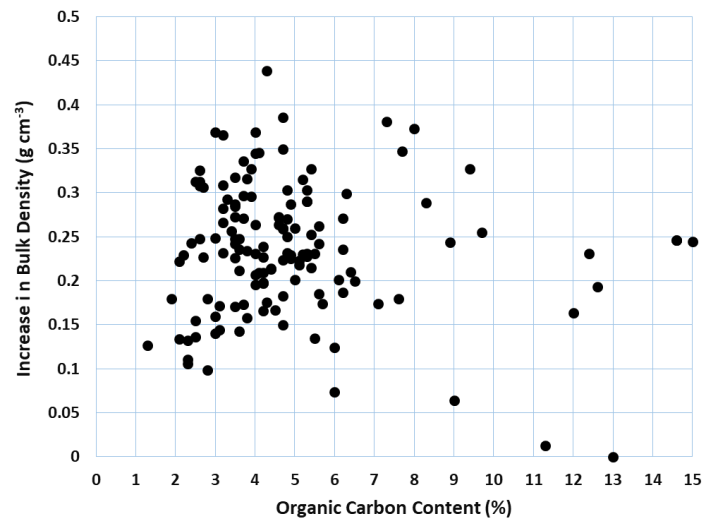
Er cymhariaeth, diffiniodd Merrington *et al.* (2006) werthoedd trothwy swmp ddwysedd ar gyfer uwchbridd tir âr a glaswelltir a oedd yn amrywio gyda chynnwys carbon organig o 1.15 i 1.60 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer priddoedd mwynol. Ar ôl cyfrif am gynnwys carbon organig pridd, mae'r gwahaniaeth rhwng swmp ddwysedd nodweddiadol neu gymedrig nifer fawr o fesuriadau uwchbridd a'r dwysedd critigol tua 0.2 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer glaswelltir a thua 0.1 g cm<sup>-3</sup>

ar gyfer tir âr. Yn yr un modd, amcangyfrifodd Palmer (2015) werthoedd trothwy swmp ddwysedd o 1.5 i 1.7 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer amrywiaeth o weadau uwchbridd. Mae mesuriadau cyfartalog swmp ddwysedd uwchbridd y pridd yn amrywio o 1.2 i 1.4 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer tir âr ac 1 i 1.1 g cm<sup>-3</sup> ar gyfer glaswelltir (Tabl 1), ac felly rydym yn amcangyfrif gwahaniaeth mwy rhwng swmp ddwyseddau critigol nodweddiadol a rhai Palmer (2015), tua 0.3 i 0.6 g cm<sup>-3</sup>.

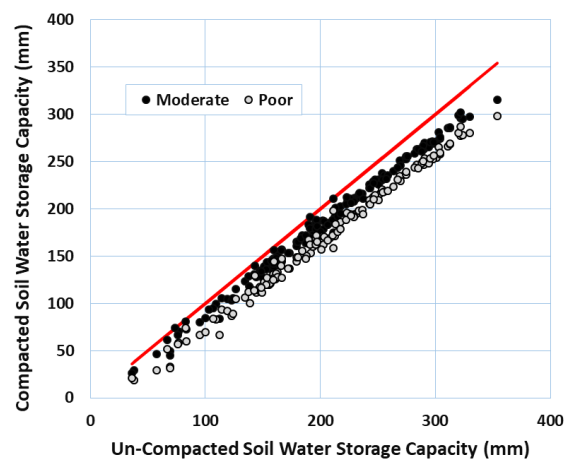
Mae'r swmp ddwyseddau a gyfrifwyd ar gyfer pridd cywasgedig ar statws 'Gwael' ar gyfer priddoedd mwynol yn nesáu at y swmp ddwysedd pacio critigol o 1.75 g cm<sup>-3</sup> fel y disgwylir gan y berthynas negyddol rhwng cynhwysedd aer a dwysedd pacio (Huber *et al.*, 2008).

Mae Ffigur 4 yn dangos amrediad y newid yn y WSC blynyddol a gyfrifir ar ôl cywasgiad i newid ansawdd strwythurol pridd i statws 'Cymedrol' neu 'Gwael' ar gyfer pob un o'r cyfresi pridd mwynol a geir yng Nghymru, o dan laswelltir parhaol heb ei ddraenio a glawiad haf o 300 mm. Mae'r cyfartaleddau WSC blynyddol yn gostwng 10% yn achos y cyntaf a 20% yn achos yr ail ar gyfer dyfnder cywasgu o 25 cm. Mae ffigurau 5 i 7 yn mapio'r newid yn y WSC blynyddol a gyfrifir ar ôl cywasgu i newid ansawdd strwythurol y pridd i statws 'Gwael' ar gyfer y brif Gyfres Bridd a geir ym mhob cell 1 gan 1 km<sup>2</sup> ledled Cymru, o dan laswelltir parhaol heb ei ddraenio, gan ddefnyddio gwerth lleol glawiad yr haf. Nid yw'r newidiadau mor ddifrifol â rhai o'r rhai a gafodd eu mapio gan Palmer (2015) ar gyfer Gwastadeddau Gwlad yr Haf. Bydd hyn yn adlewyrchu'r newid yn y ffwythiannau pedo-drosglwyddo a'r dull o integreiddio WSC pridd y tu hwnt i haenau araf athraidd.

Mae'r canlyniadau enghreifftiol a gyflwynir yma wedi rhagdybio nad oes unrhyw bridd yn cael ei ddraenio'n artiffisial. Cyfiawnheir hyn gan arolwg a dadansoddiadau diweddar, ond anogir defnyddwyr y gyfrifiannell yn y dyfodol i wneud eu hasesiad eu hunain ar gyfer y Gyfres Bridd unigol. Arolygodd Anthony *et al.* (2012) faint o ddraeniau pridd artiffisial sydd ar ffermydd yng Nghymru. Daethpwyd o hyd i ddraeniau artiffisial ar 15% o'r arwynebedd tir a arolygwyd. Hefyd, defnyddiodd Anthony *et al.* (2012) gofnodion hanesyddol o waith gosod draeniau caeau gyda chymorth grant a buddsoddiad ar ystadau i gyfrifo bod 12% o'r arwynebedd glaswelltir wedi'i wella a thir âr yng Nghymru wedi'i ddraenio.



**Ffigur 3.** Cynnydd wedi'i gyfrifo yn swmp ddwysedd haen 'A' sydd ei angen i newid ansawdd strwythurol y pridd o 'Da lawn' neu 'Da' i 'Cymedrol' ar gyfer pob cyfres bridd a geir yng Nghymru, o dan laswelltir parhaol sydd heb ei ddraenio.

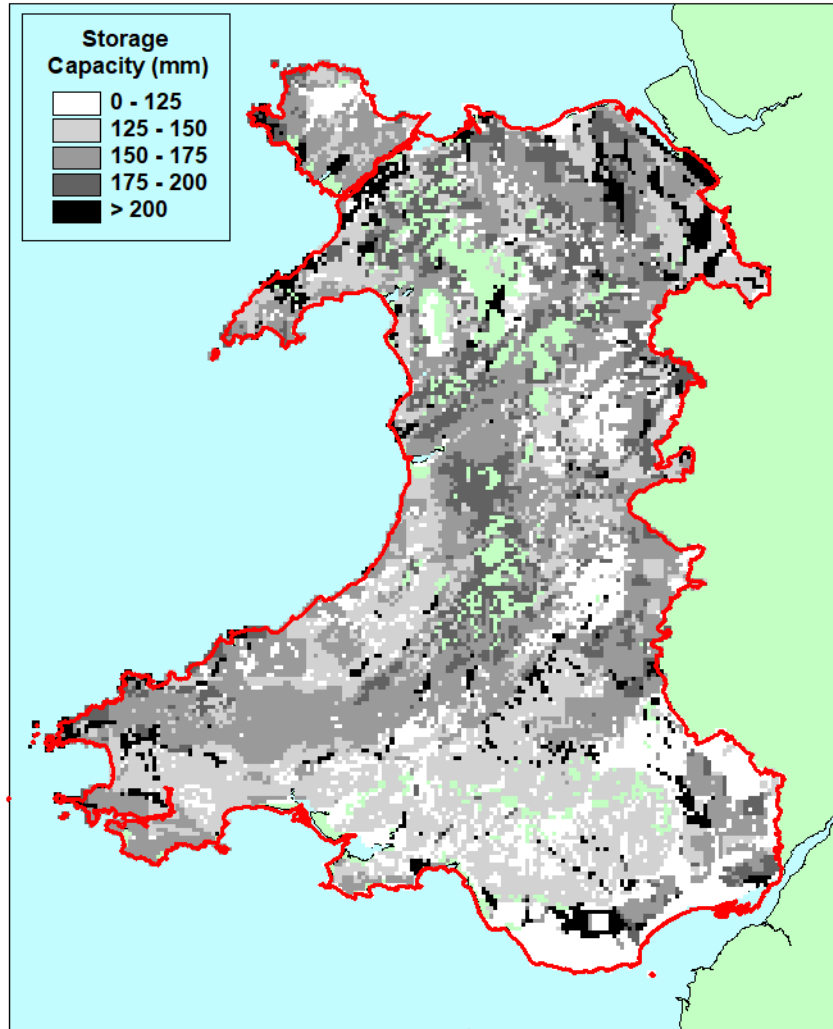


**Ffigur 4** Cynhwysedd storio dŵr pridd blyneddol wedi'i gyfrifo, cyn ac ar ôl cywasgu hyd at ddyfnder o 25 cm, yn dilyn newidiadau yn swmp ddwysedd yr uwchbridd sydd ei angen i newid ansawdd strwythur pridd o 'Da lawn' neu 'Da' i naill ai 'Cymedrol' neu 'Gwael' ar gyfer pob cyfres bridd a geir yng Nghymru, o dan laswelltir parhaol heb ei ddraenio a glawiad haf o 300 mm.

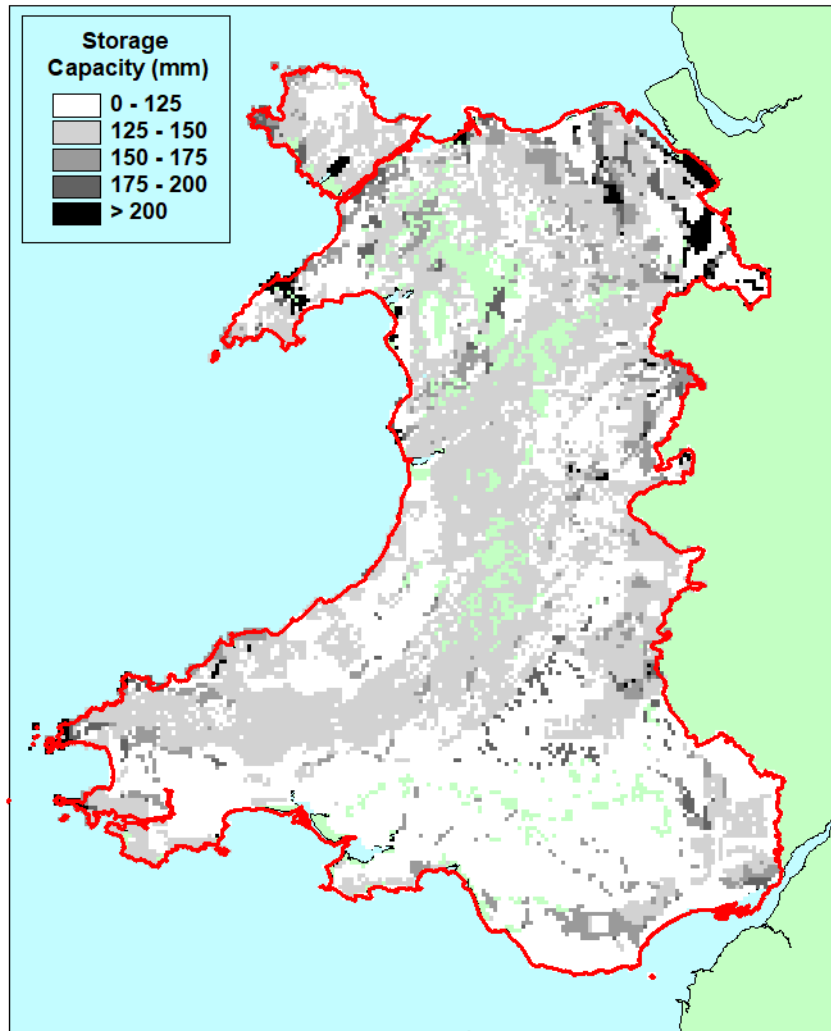
**Tabl 1** Ystadegau cryno o swmp ddwysedd ar gyfer prif grwpiau gwead pridd a chategorïau defnydd tir yng Nghymru a Lloegr. Atgynhychwyd o Merrington *et al.* (2006) ac yn seiliedig ar fesuriadau Prifysgol Cranfield.

Textural class	Statistic	Bulk density under different land use (Mg/m <sup>3</sup> )		
		Arable	Grassland	Other
Clay	<i>n</i>	432	470	72
	<i>range</i>	0.43-1.75	0.43-1.74	0.54-1.42
	<i>mean</i>	1.24	1.22	1.09
	<i>SE</i>	0.01	0.01	0.02
Clay-loam	<i>n</i>	115	118	112
	<i>range</i>	0.83-1.49	0.77-1.27	0.61-1.28
	<i>mean</i>	1.24	1.06	1.01
	<i>SE</i>	0.01	0.01	0.01
Silty-clay-loam	<i>n</i>	39	44	84
	<i>range</i>	0.83-1.42	0.58-1.15	0.71-1.4
	<i>mean</i>	1.21	0.96	1.09
	<i>SE</i>	0.02	0.02	0.02
Silty-clay	<i>n</i>	7	11	19
	<i>range</i>	0.78-1.23	0.67-1.23	0.25-1.26
	<i>mean</i>	0.99	0.9	0.92
	<i>SE</i>	0.07	0.05	0.06
Silt-loam	<i>n</i>	8	10	21
	<i>range</i>	1.16-1.47	0.91-1.14	0.76-1.34
	<i>mean</i>	1.29	1.02	1.04
	<i>SE</i>	0.04	0.02	0.03
Sandy-clay-loam	<i>n</i>	16	16	30
	<i>range</i>	0.9-1.42	0.78-1.35	0.86-1.47
	<i>mean</i>	1.23	1.11	1.22
	<i>SE</i>	0.04	0.04	0.03
Sandy-loam	<i>n</i>	82	101	181
	<i>range</i>	0.87-1.57	0.6-1.36	0.54-1.52
	<i>mean</i>	1.35	1.12	1.19
	<i>SE</i>	0.01	0.01	0.01
Sand	<i>n</i>	7	6	16
	<i>range</i>	1.11-1.57	0.88-1.22	0.77-1.42
	<i>mean</i>	1.37	1.1	1.12
	<i>SE</i>	0.06	0.05	0.05

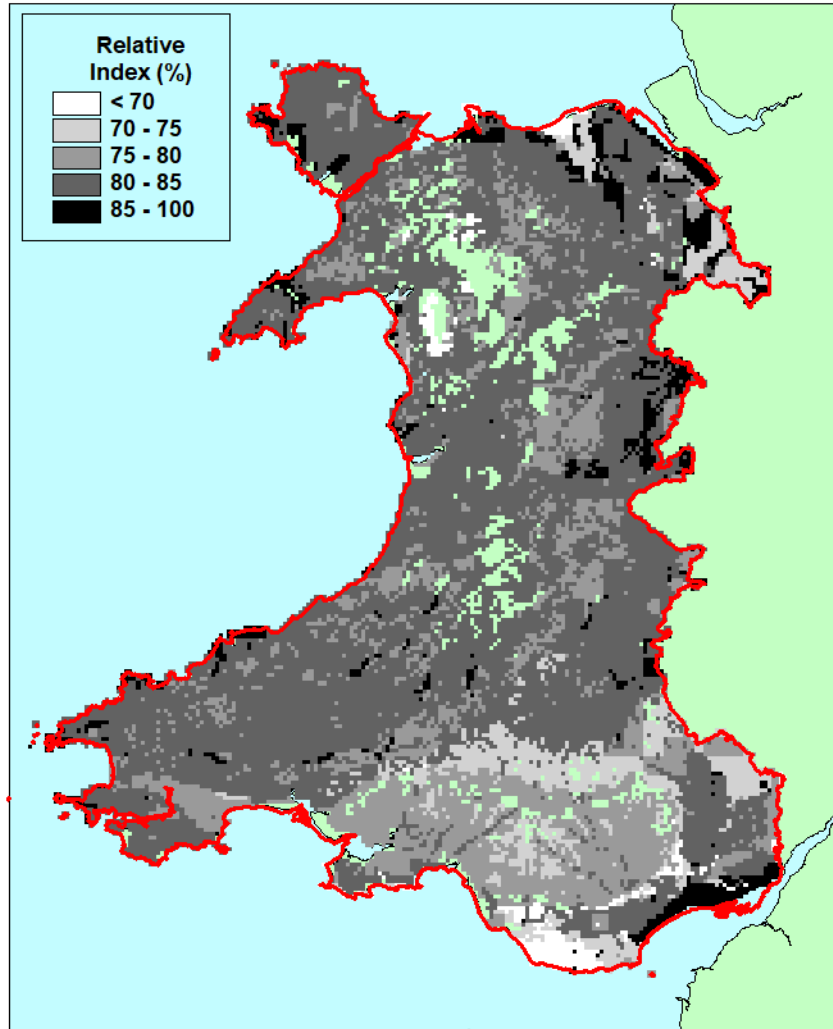




**Ffigur 5.** Cynhwysedd storio dŵr pridd blyneddol (mm) ar gyfer y brif gyfres bridd ym mhob cell 1 gan 1 km<sup>2</sup> ledled Cymru, ar gyfer y pridd heb ei gywasgu ag ansawdd strwythurol uwchbridd 'Da' neu 'Da lawn', ar gyfer defnydd tir 'Glaswelltir Parhaol' a glawiad yr haf lleol. (0 i 125; 125 i 150; 150 i 175; 175 i 200; > 200 mm). Heb ei addasu ar gyfer cynnwys cerrig.



**Ffigur 6.** Cynhwysedd storio dŵr pridd blyneddol (mm) ar gyfer y brif gyfres bridd ym mhob cell 1 gan 1 km<sup>2</sup> ledled Cymru, ar gyfer y pridd wedi'i gywasgu ag ansawdd strwythurol uwchbridd 'Gwael' o dan 'Glaswelltir Parhaol' a glawiad yr haf lleol. (0 i 125; 125 i 150; 150 i 175; 175 i 200; > 200 mm). Heb ei addasu ar gyfer cynnwys cerrig.



**Ffigur 7.** Wedi'i gywasgu fel canran (%) o Gynhwysedd Storio Dŵr pridd blynyddol heb ei gywasgu (mm) ar gyfer y brif gyfres bridd ym mhob cell 1 gan 1 t ledled Cymru, ar gyfer y pridd, ar gyfer y pridd wedi'i gywasgu ag ansawdd strwythurol uwchbridd 'Gwael' o dan 'Glaswelltir Parhaol' a glawiad yr haf lleol. (< 70; 70 i 75; 75 i 80; 80 i 85; 85 i 100%). Heb ei addasu ar gyfer cynnwys cerrig.

### 3.4 Dosbarthiadau proffil pridd atodol

Mae dosbarthiadau proffil pridd atodol yn allbwn gan y prototeip o gyfrifiannell 'Cynhwysedd Storio Dŵr' pridd. Nid yw'r cyfrifiadau wedi'u gwirio'n llawn a'u hunig fwriad yw cefnogi ymchwiliadau yn y dyfodol i'r cyd-ddigwyddiad gofodol o risg ac effaith cywasgu pridd ar gynhwysedd storio.

#### 3.4.1 Dosbarth gwlypter pridd

Mae Dosbarth Gwlypter Pridd (SWC) yn ddosbarthiad o amlder a dyfnder amodau dirlawn yn y proffil pridd. Fe'i hamcangyfrifwyd o briodweddau'r safle gan ddefnyddio coeden ddosbarthiadau a ddatblygwyd gan Hollis (1989) a Brignall a Rounsevall (1994). Fe'i defnyddir i gyfrannu at y cyfrifiad o'r Dosbarth Risg Sathru a'r Dosbarth Adfywio Cywasgu isod.

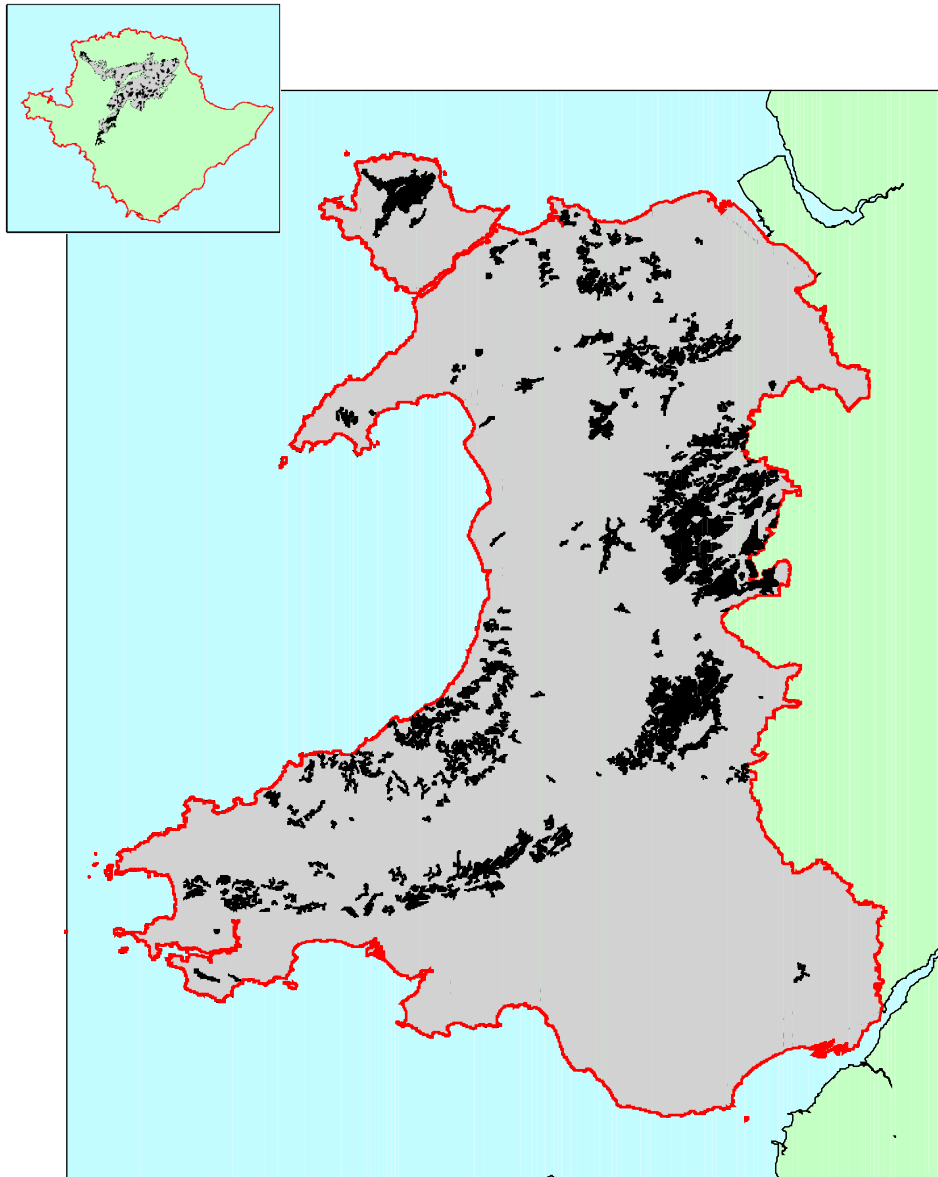
#### 3.4.2 Dosbarth risg sathru a chywasgu

Mae'r Dosbarth Risg Sathru (PRC) yn ddosbarthiad o risg gymharol cywasgu *uwchbridd* o ganlyniad i sathru gan dda byw a defnyddio peiriannau ar olwynion (Harrod, 1979). Yn gyffredinol, mae sathru wedi'i gyfyngu i'r haen 'A' (dyfnder 10 i 25 cm) oni bai ei fod yn arbennig o ddifrifol. Mae'r risg o gywasgu *isbridd* yn cael ei fynegeo gan ddosbarthiad Jones *et al.* (2003). Mae cywasgu isbridd yn ymestyn islaw'r haen 'A' (dyfnder 25 i 45 cm) ac mae'n cael ei achosi'n bennaf gan olwynion. Yn gyffredinol mae dosbarthiadau cywasgu isbridd Jones *et al.* (2003) yn dosbarthu priddoedd tywodlyd fel rhai â risg cymharol uchel, oherwydd eu dwysedd pacio isel a'r potensial am gywasgu pellach ar gynnwys lleithder a llwythi critigol, tra bod dosbarthiad risg sathru Harrod (1979) ac asesiadau tebyg o allu pridd i ddelio â thraffig yn dosbarthu priddoedd tywodlyd fel rhai â risg cymharol isel oherwydd y cryfder a roddir gan gynnwys dŵr isel.

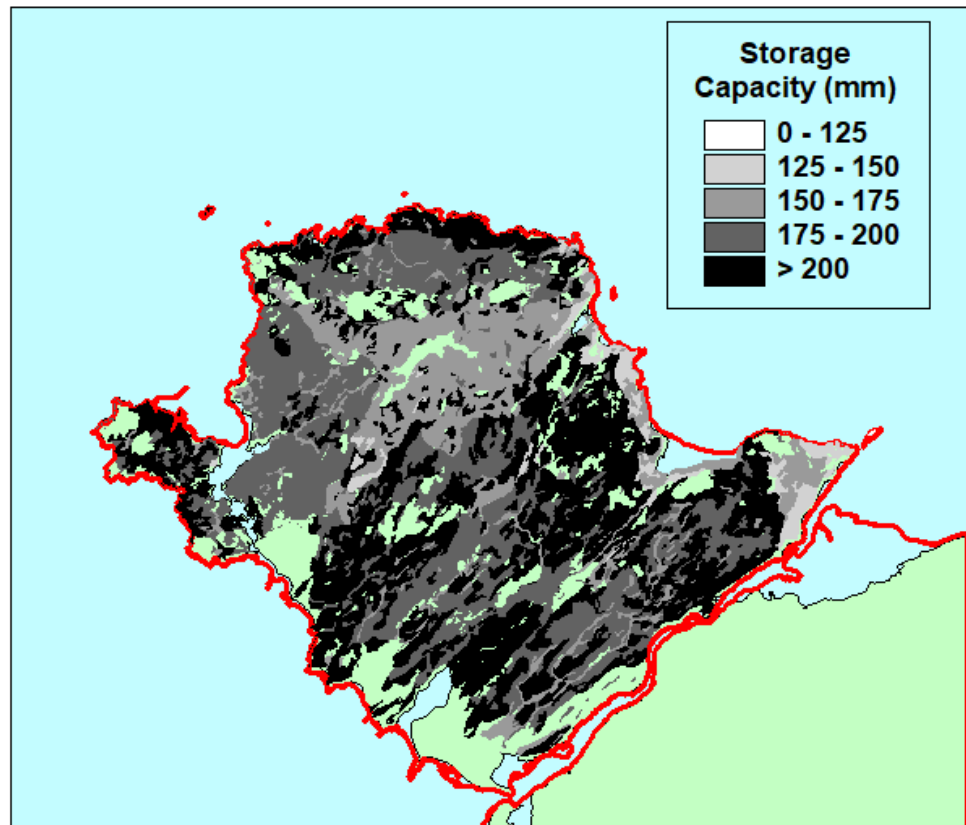
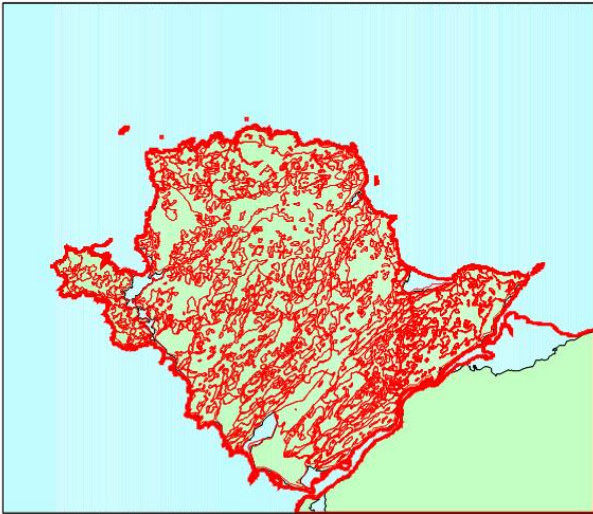
Mae Hallett *et al.* (2016) yn cyfuno'r dangosyddion ar gyfer sathru'r uwchbridd a chywasgu'r isbridd i fod yn un dangosydd 'goleuadau traffig' o'r risg gyffredinol. Y priddoedd sydd â risg uchel o sathru'r uwchbridd neu gywasgu'r isbridd ac sydd â newidiadau mawr yn eu Cynhwysedd Storio Dŵr (gweler isod) oherwydd cywasgu sy'n peri'r pryder mwyaf. Ni chafodd priddoedd organig eu dosbarthu.

#### 3.4.3 Dosbarth adfywio cywasgu

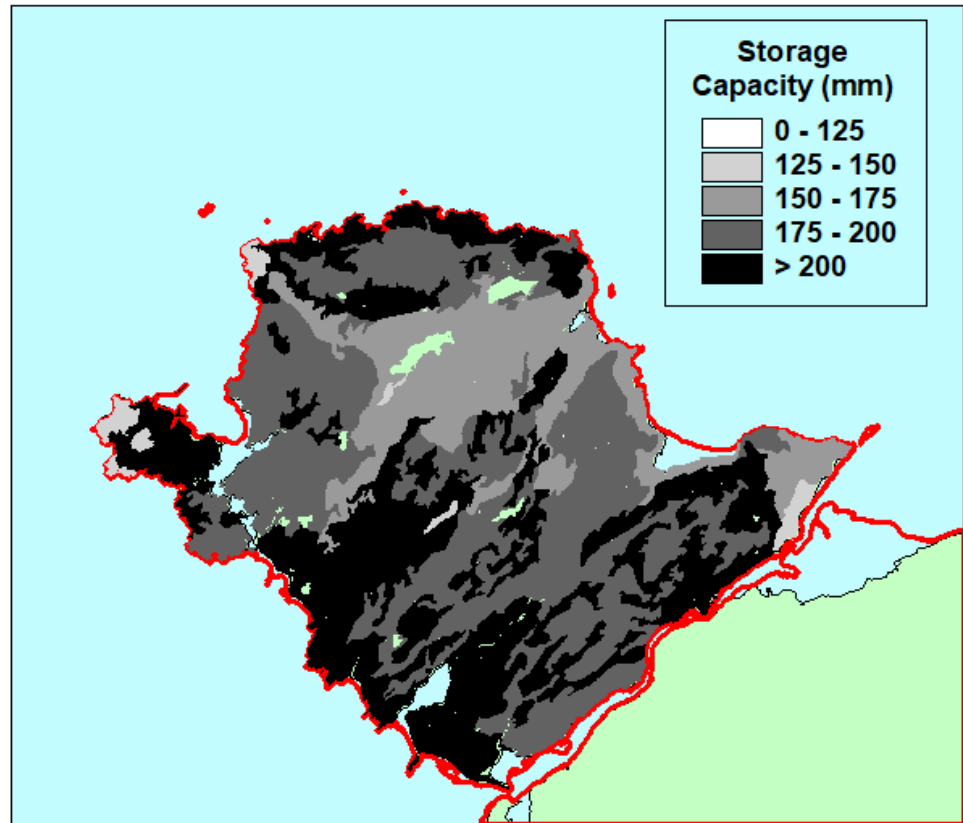
Dosbarthiad uwchbridd yn ôl ei adfywiad strwythurol yw'r Dosbarth Adfywio Cywasgu. Mae'n cael ei ddiffinio fel tueddiad pridd i droi'n ôl yn naturiol i gyflwr mandylledd a chynnwys dŵr tebyg i'r hyn oedd ganddo cyn cywasgu (Thomasson, 1984; Bradley *et al.*, 2000).



**Ffigur 8.** Ehangder gofodol Cymdeithas Bridd Cegin yng Nghymru, a mewnosod dosbarthiad y brif Gyfres Bridd Sannan a chynnwys Cyfresi Pridd eraill sy'n cyfrannu at y Gymdeithas Bridd Cegin ar Ynys Môn.



**Ffigur 9.** Cynhwysedd Storio Dŵr (mm) pridd blynyddol ar gyfer Cyfresi Pridd unigol sydd wedi'u mapio ar draws Ynys Môn yn y NATMAP cydraniad uwch ar gyfer Cymru, ar gyfer pridd cywasgedig ag ansawdd strwythurol uwchbridd 'Gwael', ar gyfer defnydd tir 'Glaswelltir Parhaol' a glawiad haf o 450 mm. (0 i 125; 125 i 150; 150 i 175; 175 i 200; > 200 mm). Heb ei addasu ar gyfer cynnwys cerrig.



**Ffigur 10.** Cynhwysedd Storio Dŵr (mm) pridd blyneddol ar gyfer Cymdeithasau Unigol sydd wedi'u mapio ar draws Ynys Môn yn y NATMAP cydraniad uwch ar gyfer Cymru, ar gyfer pridd cywasgedig ag ansawdd strwythurol uwchbridd 'Gwael', ar gyfer defnydd tir 'Glaswelltir Parhaol' a glawiad haf o 450 mm. Mae gwerthoedd cymdeithasau yn werthoedd cyfraniad canrannol wedi'u pwysoli ar gyfer Cyfresi Pridd unigol (0 i 125; 125 i 150; 150 i 175; 175 i 200; > 200 mm). Heb ei addasu ar gyfer cynnwys cerrig.



### 3.5 Mapio Cyfresi Pridd a Chymdeithasau Pridd

Mae Cymdeithasau Pridd yn cynnwys rhwng un ac wyth o brif Gyfresi Pridd a nifer o rai llai, ac fel arfer caiff enw'r Gymdeithas ei gymryd o'r Gyfres Bridd fwyaf helaeth (Hollis ac Avery, 1997). Mae cyfanswm o 94 o gymdeithasau pridd wedi'u lleoli yng Nghymru, yn cynnwys 164 o gyfresi pridd unigryw, heb gynnwys craig a thir gwneud. Mae'r setiau data sy'n cael eu darparu gyda'r NATMAP yn crynhoi'r ganran o arwynebeddau Cymdeithasau sy'n cael eu meddiannu gan bob un o'r Cyfresi Pridd cyfrannol, a phriodoleddau'r cyfresi unigol. Mae 95 o'r cyfresi pridd yn cynnwys haenau organig a hwmws neu rwbel, heb unrhyw wybodaeth am ddsbarthiad maint gronynnau. Mae gan haenau pridd organig a hwmws gynnwys carbon organig sydd o leiaf 12 i 20%, yn dibynnu ar drwch yr haen a hyd amodau dirlawn (World Reference Base, 2007).

Cafodd y NATMAP gwreiddiol o ffiniau Cymdeithasau Pridd ei gyhoeddi ar raddfa o 1:250,000 ac roedd yn seiliedig ar y mapiau cydraniad uwch cyfredol lle'r oeddent ar gael a'r arolwg rhagchwilio o ardaloedd eraill ar amledd samplo tyllu o hyd at 3 y cilometr sgwâr. Yn anochel, roedd cynhyrchu'r NATMAP yn golygu rhywfaint o gyffredinoli a symleiddio cartograffig. Nid yw safleoedd llinellau terfyn yn fwy cywir na  $\pm 250$  m. Mae Hallett *et al.* (2017) yn disgrifio sut roedd cynhyrchu mapiau yn golygu symleiddio rhai priddoedd lleol penodol ar gyfer Cymdeithasau Pridd, felly pan oedd y NATMAP yn cael ei gynhyrchu, roedd y Cymdeithasau hyn yn cael eu symleiddio a dim ond y Cyfresi Pridd mwyaf cyffredin a gadwyd. Roedd gwelliant i Gymru a gomisiynwyd yn ddiweddar yn cynnwys ailasesu'r holl fesuriadau tyllu cenedlaethol a'r holl waith mapio pridd manwl sydd ar gael i wella ac ymestyn cyfansoddiad Cyfresi Pridd yn y Cymdeithasau Pridd sydd wedi'u mapio. Er bod llinellau ffiniau Cymdeithasau wedi aros yn gyson, ailystyriwyd y Cyfresi Pridd a oedd yn perthyn i bob un o Gymdeithasau Cymru ac roedd mwy o gynrychiolaeth o amrywiaeth amodau pridd Cymru (Hallett *et al.*, 2017).

**Tabl 2.** Amcangyfrifon o'r arwynebedd cymharol a feddiannir (%) gan Gyfresi Pridd unigol (nid cyflawn) o fewn arwynebedd Cymdeithas Bridd Cegin ar Ynys Môn, fel sy'n deillio o setiau data NATMAP ar gyfer Cymru gyfan, a mapio Cyfresi Pridd cydraniad uwch ar gyfer Ynys Môn.

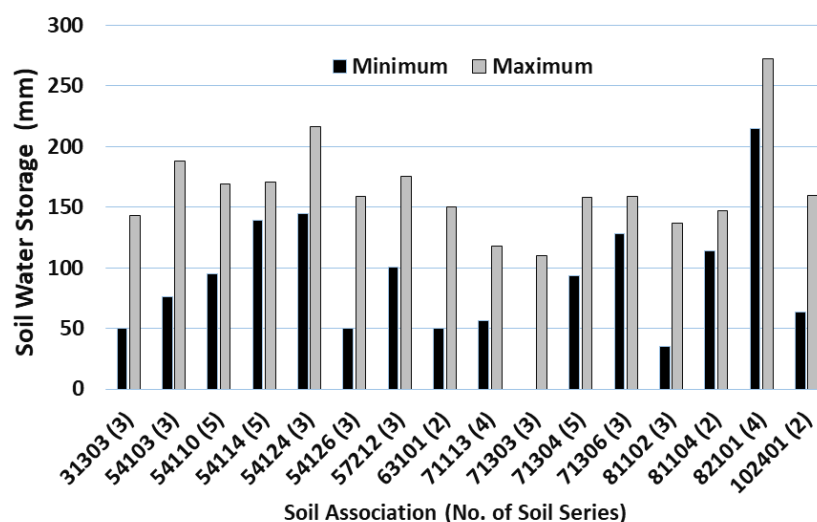
<b>Cyfres Bridd</b>	<b>Cenedlaethol (%) 1:250,000</b>	<b>Ynys Môn (%) 1:50,000</b>	<b>Cynhwysedd storio dŵr pridd (mm)</b>
Cegin	47	2.9	160
Sannan	12	81	171
Dinbych	11	8.3	229

Fodd bynnag, roedd yr amcangyfrifon o'r ardaloedd a feddiannir gan y Cyfresi Pridd unigol sy'n cyfrannu at bob Cymdeithas Bridd yn parhau ar lefel genedlaethol, a gallai hyn arwain at rai gwallau wrth ddehongli. Er enghraifft, mae Ffigur 8 yn mapio maint gofodol Cymdeithas Cegin yng Nghymru, ac yn benodol ar Ynys Môn. Rhestrir cyfraniad Cyfresi Pridd

Unigol at arwynebedd Cymdeithas Bridd Cegin ar Ynys Môn yn Nhabl 2. Mae'r cyfraniadau a restrir wedi'u seilio naill ai ar y setiau data NATMAP presennol, wedi'u crynhoi ar lefel genedlaethol, neu ar y mapiau manylach o Gyfresi Pridd unigol sydd ar gael ar gyfer Ynys Môn. Dangosir mai'r arwynebedd cymharol sy'n cael ei feddiannu gan Gyfres Bridd Cegin yw 47 a 3%, a Chyfres Bridd Sannan yw 12 a 81% yn ôl y gwahanol fapiau. Mae Cyfresi Pridd Cegin a Sannan ill dau yn weadau lôm clai silt, ac mae WSC<sub>A</sub> tebyg wedi'i gyfrifo ar eu cyfer, fel sydd i'w ddisgwyl gan y rhan fwyaf o Gyfresi Pridd sy'n perthyn i'r un Gymdeithas Bridd. Felly, ychydig o effaith a gaiff y gwahaniaethau mawr yn yr amcangyfrifon o arwynebedd a feddiannir ar y cyfartaledd cyffredinol o'r WSC<sub>A</sub> ar gyfer yr arwynebedd sydd wedi'i fapio ar gyfer Cymdeithas Bridd Cegin ar Ynys Môn. Ond gallai gwahaniaeth tebyg yn yr arwynebedd amcangyfrifedig a feddiannir gan Gyfres Bridd Dinbych fod wedi arwain at amcangyfrifon gwahanol iawn o'r WSC<sub>A</sub>. Byddai mapiau cydraniad uwch o Gyfresi Pridd ar gyfer Cymru gyfan yn osgoi'r broblem bosibl hon, a hefyd yn datgelu lleoliad Cyfresi Pridd sydd wedi'u cynnwys ar raddfa fach gyda WSC<sub>A</sub> gwahanol iawn megis Cyfres Bridd Dinbych.

Comisiynwyd Prifysgol Cranfield i ddatblygu fersiwn newydd o NATMAP ar gyfer Cymru sy'n darparu'r manylder gofynnol ar lefel Cyfresi Pridd unigol. Darparodd Prifysgol Cranfield sampl o fersiwn â chydaniad gofodol gwell o NATMAP ar gyfer Ynys Môn. Roedd 20 o Gymdeithasau Pridd wedi'u mapio ar draws Ynys Môn, yn cynnwys rhwng un a chwe Chyfras Bridd.

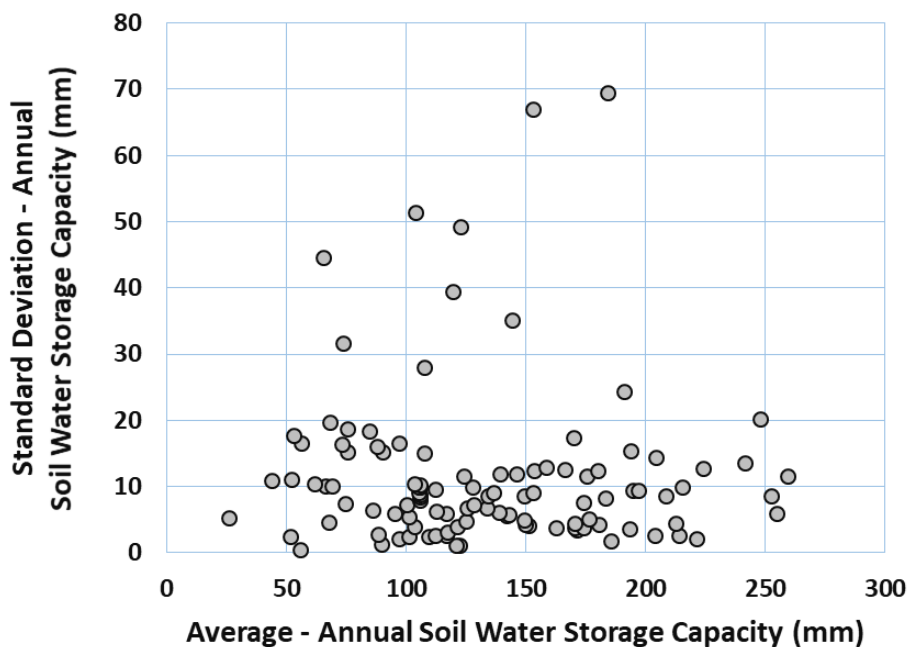
Defnyddiwyd y gyfrifiannell prototeip i amcangyfrifo'r WSC<sub>A</sub> pridd heb ei gywasgu ar gyfer pob Cyfres Bridd, yn seiliedig ar lawiad haf cyfartalog o 450 mm a defnydd tir 'Glaswelltir Parhaol' (Ffigurau 9 a 10). Ar gyfer y Cymdeithasau Pridd hynny sydd â mwy nag un Gyfres Bridd, roedd yr isafswm a'r uchafswm o gynhwysedd dŵr pridd blyneddol heb ei gywasgu ar gyfer Cyfresi Pridd unigol yn amrywio rhwng 31 a 113 mm (Ffigur 11). Mae hyn yn gyfwerth â rhwng 20 a 104% o'r gwerth cyfartalog (nid arwynebedd wedi'i bwysoli) ar gyfer Cymdeithas Bridd.



**Ffigur 11.** Cyfrifir isafswm ac uchafswm Cynhwysedd Storio Dŵr pridd blynyddol (mm) ar gyfer Cyfresi Pridd unigol sy'n gysylltiedig â'r Cymdeithasau Pridd a geir ar Ynys Môn.

Dangosodd samplu Monte-Carlo o'r priodweddau pridd mesuredig ar gyfer yr holl Gyfresi Pridd a geir yng Nghymru (ond gan dybio glawiad haf sefydlog o 450 mm, a dim ond lle'r oedd gwybodaeth ansicr wedi'i darparu) fod gwriad safonol y cyfrifiadau ailadroddus o  $WSC_A$  tua 10 mm ar gyfartaledd ar gyfer y rhan fwyaf o Gyfresi Pridd (Ffigur 12). Sylwch nad oedd yr efelychiad hwn yn ystyried yr ansicrwydd rhagfynegol yn y ffwythiannau pedodroglwyddo eu hunain. Nid oedd ychwaith yn ystyried unrhyw gydberthynas rhwng y priodweddau ansicr gan nad oedd matricesau cyd-amrywiant ar gael ar gyfer yr astudiaeth hon. Samplwyd yr amrywiad a welwyd o gwmpas y cyfartaledd, yn hytrach na chyfwng hyder y cyfartaledd. Mae angen dadansoddiadau ystadegol pellach.

Yn gyffredinol, mae'r ansicrwydd a gyfrifir yn llai na'r gwahaniaethau rhwng y  $WSC_A$  a gyfrifir ar gyfer y Gyfres Bridd â'r cynhwysedd lleiaf a'r cynhwysedd mwyaf sy'n gysylltiedig â phob Cymdeithas Bridd. Felly, deir i'r casgliad yn betrus y bydd mapio  $WSC_A$  ar gyfer Cyfresi Pridd unigol o ryw fudd gan fod y gwahaniaethau wedi'u mapio ar draws ffiniau cyfresi yn debygol o gael eu gweld yn y maes. Mae'n ein hatgoffa na fydd gan bob Cyfres Bridd sy'n gysylltiedig â Chymdeithas briodweddau tebyg, ac nad yw Cymdeithas Bridd o reidrwydd yn mapio'r Gyfres Bridd â'r un enw.



**Ffigur 12.** Gwriad cyfartalog a safonol cyfrifedig Cynhwysedd Storio Dŵr blynyddol y pridd (mm) yn deillio o waith samplu Monte-Carlo ar briodweddau pridd Cyfresi Pridd unigol a geir yng Nghymru.

#### 4. Canlyniadau ar gyfer dŵr ffo wyneb

Mae methodoleg wedi cael ei dangos ar gyfer cyfrifo Cynhwysedd Storio Dŵr pridd gan ddefnyddio mesuriadau o'r fersiwn cydraniad gofodol uwch o fap NATMAP Prifysgol Cranfield o ffiniau Cyfresi Pridd a phriodweddau haenau. Materion i'w datrys yw dewis ffwythiannau pedo-drosglwyddo sy'n cynrychioli effeithiau annibynnol swmp ddwysedd a chynnwys carbon organig, a'r rheini sy'n cynrychioli priddoedd organig orau. Mae'r gyfrifiannell prototeip yn darparu offeryn ar gyfer archwilio'n gyflym a gwirio ffiniau ffwythiannau trosglwyddo amgen.

##### 4.1 Cadernid y cyfrifiad

Mae'r berthynas rhwng ansawdd strwythur y pridd, cynhwysedd aer a swmp ddwysedd yn anodd ei dangos yn y maes. Fe wnaeth Newell-Price *et al.* (2012), er enghraifft, arolygu cywasgiad pridd a strwythur y pridd o dan 300 o gaeau glaswelltir ledled Cymru a Lloegr, gan ddefnyddio systemau sgorio strwythurol Landcare (VSA) a Peerlkamp (ST) (Shepherd, 2000; Peerlkamp, 1967). Mae dull Peerlkamp yn sgorio mandylledd gweledol pridd ac unffurfiaeth ei ddsbarthiad, yn seiliedig ar 'brawf rhaw' ymchwiliol, gyda'r priddoedd tlotaf wedi'u gwneud yn gyfan gwbl o glots sydd wedi'u pacio'n dynn gyda'i gilydd gyda gwreiddiau planhigion yn y craciau yn unig, a'r priddoedd gorau yn cynnwys briwsion mandyllog gydag ychydig iawn o agregau trwchus. Mae'r dull Landcare yn cyfuno asesiadau o bob un o blith strwythur, mandylledd, lliw (a brychni sy'n arwydd o ddraeniad gwael), cyfrif mwydod a thirwedd wyneb (sy'n arwydd o ddamsang a sathru) y pridd, yn un sgôr wedi'i phwysoli.

Nid oedd ond cydberthynas atchweliad gadarn wan (ond ystadegol arwyddocaol) rhwng y sgorau strwythurol VSA a ST mesuredig a'r BD neu PD mesuredig ( $r^2$  6 a 7%;  $p < 0.01$ ). Nid oedd unrhyw gydberthynas rhwng y sgoriau strwythur a'n hamcangyfrifon ni (yr astudiaeth hon) o ansawdd strwythurol yn seiliedig ar y rhagfynegiadau gofod awyr a'r dŵr sydd ar gael, gan ddefnyddio PSD a BD mesuredig Newell-Price fel mewnbwn i'n cyfrifiadau ffwythiannau pedo-drosglwyddo dethol. Gellir esbonio hyn yn rhannol gan y ffaith fod y mesuriad BD yn cael ei wneud i ddyfnder o 5 cm, tra bod asesiadau'r VSA a ST yn cael eu gwneud ar y cyfan o'r uwchbridd i ddyfnder o 25 cm. Ond mae hefyd yn cael ei egluro gan yr ansicrwydd sy'n gynhenid yn y ffwythiannau pedo-drosglwyddo ac amcangyfrifon o gynhwysedd aer yn seiliedig ar wahaniaethu cynnwys dŵr pridd rhagfynebol (gweler Adran 3.2).

Gan ddefnyddio'r swmp ddwysedd a welwyd a chynnwys dŵr yr uwchbridd adeg y mesur (yn lle cynnwys dŵr rhagfynebol ar gapasiti cae) yn dangos perthynas gadarnhaol. Y samplau sydd â sgôr Landcare (VSA) uwch (statws strwythurol gorau) sydd â'r cynhwysedd aer uchaf (Ffigur 13). Caiff y berthynas ei gwella ar gyfer sgôr Peerlkamp (ST) (Ffigur 14). Mae'r berthynas atchweliad cadarn yn esbonio 24% o'r amrywiant yn achos VSA a 29% yn achos ST. Mae rhagfynegyddion eraill, gan gynnwys cyfanswm cynnwys y dŵr a chynnwys carbon organig a fesurwyd yn arwyddocaol yn ystadegol ond maent yn codi'r amrywiant a esbonnir 1 i 2% yn unig.

Mae'r dadansoddiadau hyn yn darparu rhywfaint o gymorth ar gyfer defnyddio cynhwysedd aer rhagfynegol fel rhan o'r mesur o statws strwythurol pridd, ac felly hefyd y Mynegai Cynhwysedd Storio Dŵr deilliedig, ac yn hytrach yn canolbwyntio sylw ar allu ffwythiannau pedo-drosglwyddo i amcangyfrif swmp ddwysedd a chynnwys dŵr, a thrwy hynny gynhwysedd aer a dŵr sydd ar gael i blanhigion ar gyfer safleoedd penodol – yn enwedig lle mae'r hanes rheoli tir wedi newid strwythur y pridd.

Mae'r diffyg cydberthynas rhwng y sgoriau strwythur a'n gofod awyr rhagfynegol, er gwaethaf defnyddio mesuriadau Newell-Price o PSD a BD fel mewnbwn i'n cyfrifiadau, yn ganlyniad i'n rhagfynegiad gwael o gynnwys dŵr y pridd ar gapasiti cae. Mae'r cynnwys dŵr mesuredig tua hanner ffordd rhwng y mandylledd mesuredig a'n capasiti cae rhagfynegol. Ar y cyfan mae capasiti cae yn cael ei amcangyfrif yn rhy isel mewn safleoedd sydd â mesuriadau uchel o gynnwys dŵr.

Yn fwy cyffredinol, ceir hefyd yr achos o'n rhagfynegiad gwael o'r swmp ddwysedd swmp, a ddefnyddir i ragfynegi mandylledd (Ffigur 15). Nid yw'r rhagfynegiad yn cael ei wella gan ddefnyddio ffwythiannau trosglwyddo Hallett *et al.* (1998). Ar gyfer y priddoedd glaswelltir a arolygwyd gan Newell-Price *et al.* (2012), caiff swmp ddwysedd yr uwchbridd ei ragfynegi'n well gan y cofnod naturiol o gynnwys carbon organig yn unig (Ffigur 16) yn hytrach na'r cyfuniad o gynnwys carbon organig a chynnwys tywod a clai a ddefnyddiwyd yn ffwythiannau trosglwyddo Hollis *et al.* (2012).

Mae achos dros adolygu'r broses o ddewis ffwythiannau pedo-drosglwyddo perthnasol, ac ar gyfer datblygu a dilysu swyddogaethau sy'n benodol i Gymru a'r amgylchedd glaswelltir parhaol. Mae'n bosibl y bydd ffwythiannau pedo-trosglwyddo sy'n rhagfynegi cynhwysedd aer yn uniongyrchol, yn hytrach na gwahaniaethu rhagfynegiadau annibynnol o gyfanswm mandylledd a chynnwys dŵr ar 5 neu 10 kPa, yn cael cyfwng rhagfynegi llai. Fodd bynnag, dywedodd Hollis *et al.* (2004) fod gan ragfynegiadau uniongyrchol o gynhwysedd dŵr sydd ar gael i blanhigion gyfyngau rhagfynegi tebyg i'r rhai a geir drwy wahaniaethu rhagfynegiadau o gynnwys dŵr ar 5, 200 a 1500 kPa.

Os nad oes modd gwella'r ffwythiannau pedo-drosglwyddo, yna mae'n debyg mai dim ond i roi safle cymharol o risg y gellir defnyddio'r mynegeion Cynhwysedd Storio Dŵr pridd a gyfrifir yn seiliedig ar y setiau data NATMAP, yn hytrach na chymhareb absoliwt o risg gymharol.

## 4.2 Ymateb dalgylchoedd

Mae effaith diraddio strwythurol y pridd, fel sy'n cael ei fynegi gan newid yn y Cynhwysedd Storio Dŵr, ar gynhyrchu ymateb llif afon cyflym drwy rynglifo a dŵr ffo wyneb o ddiddordeb polisi sylweddol. Byddai cyswllt mesuradwy rhwng gwell cyflwr pridd a maint digwyddiadau llifogydd yn caniatáu gwneud amcangyfrif o'r manteision sy'n deillio o daliadau i reolwyr tir am wasanaethau ecosystem.

Gellir sefydlu perthynas atchweliad rhwng Cynhwysedd Storio Dŵr a mesurau o ymateb afonydd i lawiad ar raddfa dalgylch. Er enghraifft, mae cydberthynas ystadegol arwyddocaol

rhwng Cynhwysedd Storio Dŵr pridd y gaeaf ( $WSC_w$ ) a'r mynegeion hydrolegol 'Dŵr Ffo Canrannol Safonol' (SPR;  $r^2$  33%;  $p < 0.01$ ) a 'Mynegai Llif Sylfaenol' (BFI;  $r^2$  36%;  $p < 0.01$ ) (Ffigurau 17 ac 18). Mae'r mynegeion hydrolegol BFI a SPR yn seiliedig ar wahanu llifoedd afon a welwyd i ymateb tymor byr, a chyfraniadau llif sylfaenol hirdymor yn dilyn digwyddiadau glawiad. Mae mynegeion BFI a SPR cyfartalog sydd wedi'u modelu'n ystadegol a'u haddasu i lawiad safonol a'r amodau lleithder pridd rhagflaenol, wedi'u haseinio i bob Cyfres Bridd a geir yng Nghymru fel rhan o fframwaith modelu cysyniadol Hydroleg Mathau o Bridd (HOST) sy'n seiliedig ar ddealltwriaeth arbenigol o brif lwybrau symudiadau dŵr drwy bridd (Boorman *et al.*, 1995). Mae'r SPR a neilltuir i bob dosbarth HOST wedi'i seilio ar wahaniad hydrograff yr afon ac fe'i ddefnyddir fel mewnbwn i fethodoleg y Flood Estimation Handbook (FEH; Kjeldsen *et al.*, 2005) ar gyfer amcangyfrif cyfraddau dŵr ffo ar y safle a llifogydd afon brig.

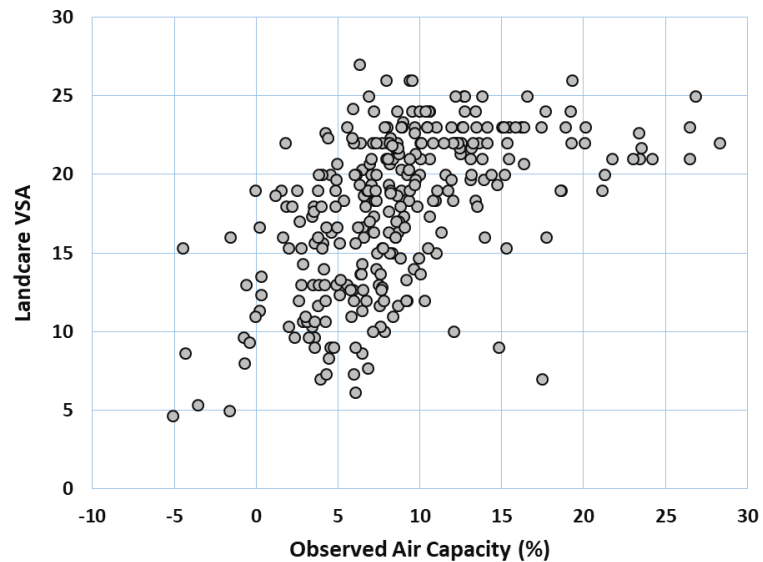
Mae'r berthynas atchweliad cadarn sy'n ffitio'r data yn Ffigurau 17 ac 18 yn dangos bod gostyngiad o 10 mm yn  $WSC_w$  yn gysylltiedig â gostyngiad cyfartalog o 0.03 yn y BFI a chynnydd o 1.8% yn y mynegeion SPR ar gyfer Cyfresi Pridd unigol. Gellir dehongli hyn fel cynnydd o 2 i 3% yn y ffraciwn o ddigwyddiad glawiad ar dir amaethyddol mewn dalgylch sy'n cyfrannu at y cynnydd byrdymor mewn llif afon a welir yn allfa dalgylch.

Felly, mae'r berthynas atchweliad yn awgrymu y gallai gostyngiad o 10 i 20% a gyfrifir mewn  $WSC_w$  yn sgil diraddio strwythur y pridd (gweler Adran 3.3 a Ffigur 4, uchod), sy'n cyfateb i ostyngiadau absoliwt o tua 10 mm (ansawdd strwythurol cymedrol) a 20 mm (ansawdd strwythurol gwael), arwain at ostyngiad o hyd at 0.06 yn y BFI ledled y dalgylch yn yr achos gwaethaf a chynnydd absoliwt o hyd at 4% yn y mynegeion SPR yn ystod cyfnod y gaeaf o gapasiti cae. Mae'r SPR ar gyfer y Cyfresi Pridd a geir yng Nghymru yn yr amrediad 2 i 60%, gyda chyfartaledd wedi'i bwysoli yn ôl arwynebedd o 35%. O hyn, rydym yn casglu y gallai cywasgiad pridd eang gyfrannu at gynnydd cymharol o 10% yn y rhynglif a'r dŵr ffo wyneb o dir amaethyddol yn ystod y gaeaf ar raddfa dalgylch.

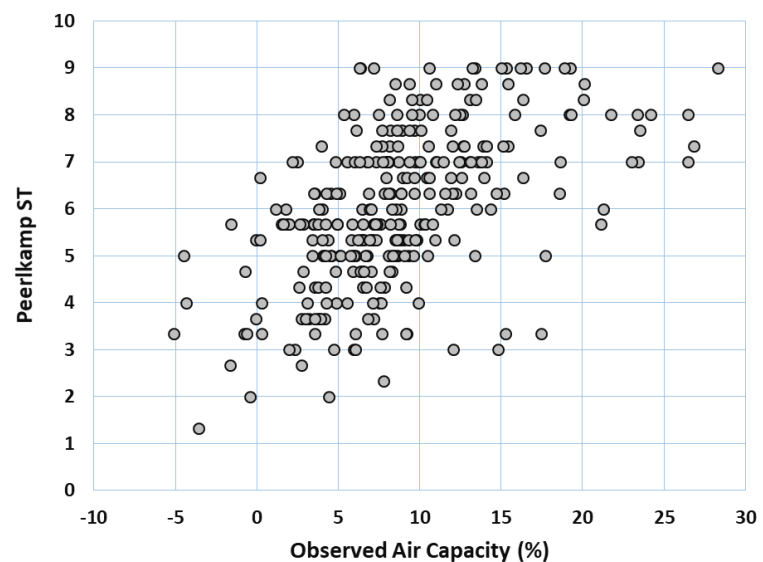
Mewn is-ddalgylchoedd lle mae'r cywasgu'n ddifrifol, yn digwydd yn ddyfnach, neu lle mae cynnwys cerrig yn y pridd yn uchel, gallai'r effaith gymharol fod yn fwy o lawer. Effaith cynnyddu dyfnder y cywasgu a gyfrifir o 25 i 45 cm yw lleihau'r  $WSC_w$  5 i 10% yn ychwanegol ar gyfer y Gyfresi Bridd a geir yng Nghymru, ac felly mae'n cynyddu'r ymateb llif afon tymor byr yn allfa'r dalgylch 5% yn rhagor.

Gellir cymharu effaith amcangyfrifedig cywasgiad pridd eang ar y cynnydd tymor byr yn llif yr afon yn dilyn glawiad â chasgliadau Packman *et al.* (2004) a addasodd y model cysyniadol Hydroleg Mathau o Bridd (HOST) i gynnig newidiadau yn y Ganran Safonol o Ddŵr Ffo (SPR) a ddyrennir i bob dosbarth HOST pridd ar sail dosbarthiadau HOST analog a allai gynrychioli pridd diraddiedig. *Y rhesymeg dros y newidiadau arfaethedig oedd bod diraddio strwythurol y pridd, ar ffurf cywasgu'r uwchbridd a'r isbridd uchaf neu 'gapio' tymhorol a selio arwynebau pridd, yn achosi lleihad yng ngallu storio effeithiol y pridd, sydd yn ei dro yn arwain at fwy o ddŵr ffo wyneb.* Roedd cynnydd absoliwt yn yr SPR ar gyfer dosbarthiadau HOST pridd yr effeithiwyd arnynt yn amrywio o 5 i 18% ac yn sylweddol uwch na'n hamcangyfrif ni ein hunain yn deillio o newid yn y  $WSC_w$ . Fodd bynnag, dim ond i briddoedd oedd â risg gynhenid uchel o ddirywiad strwythurol a achosir gan dda byw yn pori y

priodolwyd y newidiadau mwyaf yn yr SPR. Roedd y newid absoliwt canlyniadol mewn SPR wedi'i fapio ar raddfa dalgylch hyd at 2% yn unig ac roedd y newid cymharol hyd at 6% ar draws Cymru (Packman *et al.*, 2004).

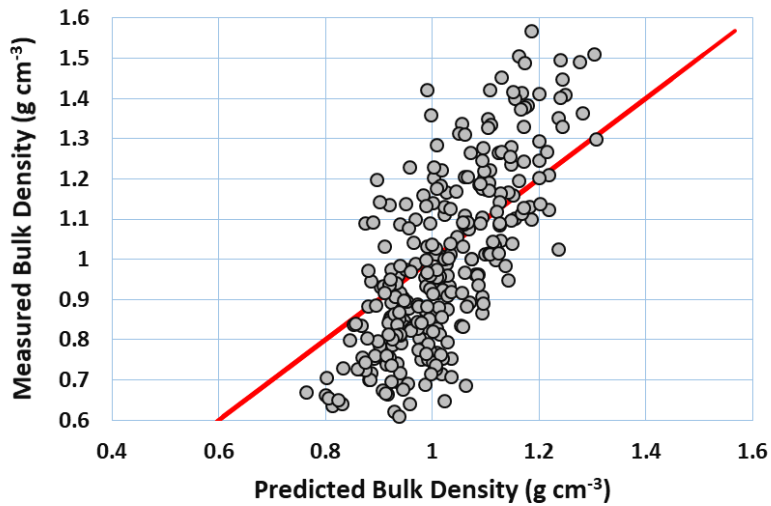


**Ffigur 13.** Perthynas rhwng y sgôr Landcare (VSA) a aseswyd ac amcangyfrif o gynhwysedd aer yr uwchbridd, yn seiliedig ar y gwahaniaeth rhwng mandylledd mesuredig (sy'n deillio o swmp ddwysedd mesuredig) a chynnwys dŵr adeg y samplu (ar ôl Newell-Price *et al.*, 2012).

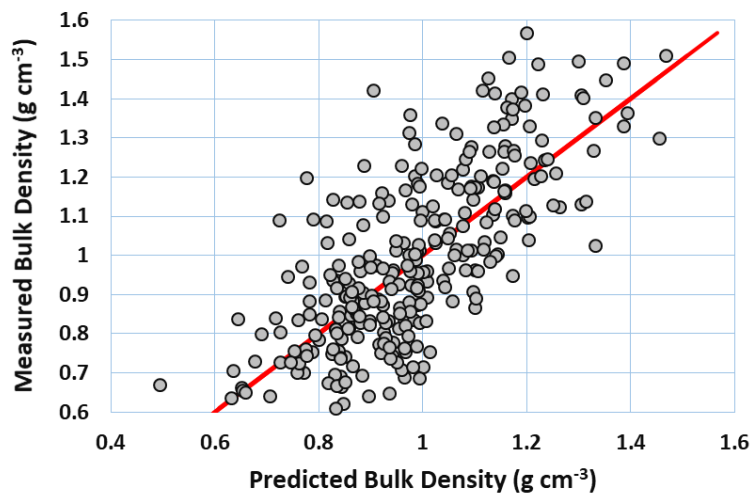


**Ffigur 14.** Y berthynas rhwng y sgôr Peerlkamp (ST) asesedig ac amcangyfrif o gynhwysedd aer yr uwchbridd, yn seiliedig ar y gwahaniaeth rhwng mandylledd mesuredig (sy'n deillio o swmp ddwysedd mesuredig) a chynnwys dŵr adeg y samplu (ar ôl Newell-Price *et al.*, 2012).

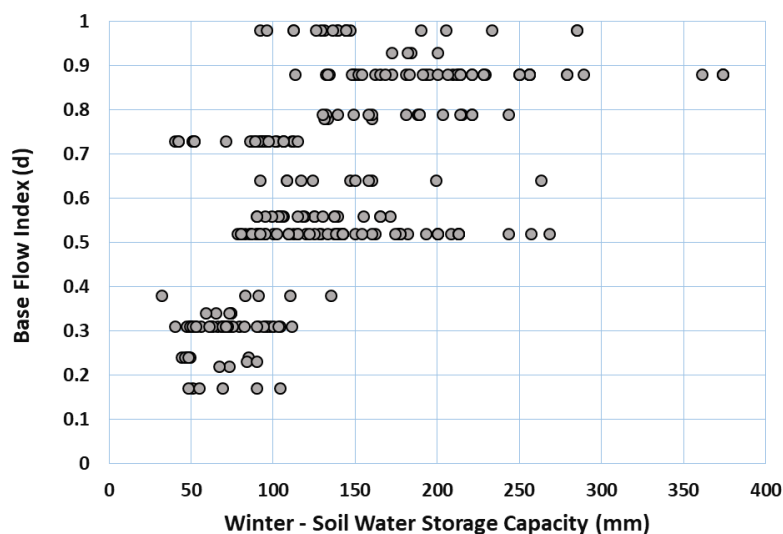




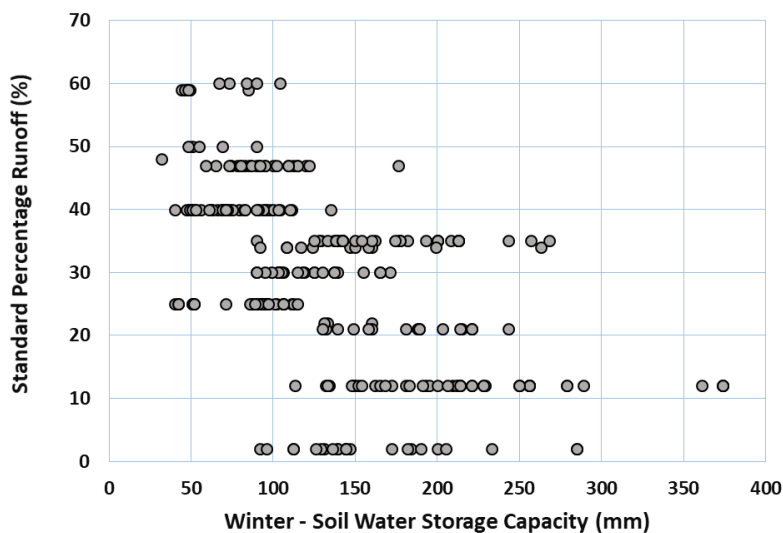
**Ffigur 15.** Y berthynas rhwng y rhagfynegiad a'r mesur o swmp ddwysedd yr uwchbridd (ar ôl Newell-Price *et al.*, 2012). Gwnaed rhagfynegiadau gan ddefnyddio ffwythiannau trosglwyddo Hollis *et al.* (2012) yn defnyddio cynnwys carbon organig, a chynnwys tywod a chlai.



**Ffigur 16.** Y berthynas rhwng y rhagfynegiad a'r mesur o swmp ddwysedd yr uwchbridd (ar ôl Newell-Price *et al.*, 2012). Gwnaed rhagfynegiadau gan ddefnyddio atchweliad ar y cofnod naturiol o gynnwys carbon organig yn unig.



**Ffigur 17.** Y berthynas rhwng y Mynegai Llif Sylfaen (BFI; d) a Chynhwysedd Storio Dŵr ( $WSC_w$ ) pridd y gaeaf i ddyfnder o 100 cm (gan eithrio priddoedd bas) ar gyfer Cyfresi Pridd unigol yng Nghymru a Lloegr, yn ôl setiau data proffil pridd NATMAP (Prifysgol Cranfield, 2019).



**Ffigur 18.** Y berthynas rhwng Canran Safonol Dŵr Ffo (SPR; %) a Chynhwysedd Storio Dŵr ( $WSC_w$ ) pridd y gaeaf i ddyfnder o 100 cm (gan eithrio priddoedd bas) ar gyfer Cyfresi Pridd unigol yng Nghymru a Lloegr, yn ôl setiau data proffil pridd NATMAP (Prifysgol Cranfield, 2019).

Digwyddodd yr effaith lai o lawer oherwydd y dybiaeth nad yw diraddio strwythurol pridd difrifol yn gyffredin ar draws *pob* pridd a dalgylch, fel sy'n cael ei gefnogi gan arolygon cenedlaethol a rhanbarthol o ddifrod i bridd glaswelltir. Dywedodd Newell-Price *et al.*

(2012), er enghraifft, mai dim ond 8 i 12% o gaeau porfa ledled Cymru a Lloegr oedd mewn cyflwr gwael yn seiliedig ar 'brawf rhaw' gan ddefnyddio systemau sgorio strwythurol Landcare (VSA) a Peerlkamp (ST). Mae asesiad gweledol o amodau ar yr wyneb wedi tueddu i nodi difrod ehangach. Fe wnaeth Anthony *et al.* (2012), er enghraifft, arolygu 600 o arsylwadau ffermwyr eu hunain ynghylch y difrod i'r pridd sy'n gysylltiedig â chywasgiad a diraddio strwythurol pridd yng Nghymru. Cywasgiad pridd oherwydd peiriannau trwm ar dir â'r glaswelltir (19%) a sathru glaswelltir gan dda byw (43%) oedd yr arsylwadau mwyaf a nodwyd amlaf o ddifrod i'r pridd, ond mae difrod gweledol yn tueddu i fod yn gyfyngedig i rannau o fferm yn unig ac ni chasglwyd gwybodaeth am gyfran y tir yr effeithiwyd arno (Tabl 3). Cyfunodd Holman *et al.* (2003) 'brawf rhaw' gyda sgoriau gweledol o nodweddion fel ardaloedd wedi'u sathru a dŵr llonydd mewn arolygon o ddalgylchoedd afon Hafren, Ouse Swydd Efrog, Uck a Bourne. Gwelwyd diraddio difrifol (2%), uchel (34%) a chymedrol (41%) yn eang ar gaeau glaswelltir (*n* 121). Yn yr un modd, cofnododd Palmer a Smith (2013) ddiraddio difrifol (1%), uchel (9%) a chymedrol (67%) ar gaeau glaswelltir parhaol a arolygwyd ledled de-orllewin Lloegr (*n* 1,154). Roedd lefelau difrifol o ddiraddio yn gysylltiedig yn weledol â chynhyrchu dŵr ffo ar draws caeau cyfan, tra bod lefelau cymedrol o ddiraddio wedi arwain at gynnydd mewn dŵr ffo mewn ardaloedd bach lleol yn unig.

**Tabl 3.** Cyfrannau'r arolwg o ffermwyr glaswelltir a oedd wedi gweld arwyddion o ddifrod i'r pridd ar gaeau porfa yn ystod y 3 blynedd diwethaf, yn ôl y math o fferm (Arolwg o Arferion Ffermydd Cymru, Anthony *et al.*, 2012).

Math o ddifrod i'r pridd	Math o fferm		
	Gwartheg a defaid ucheldir	Gwartheg a defaid iseldir	Llaeth
Sathru glaswelltir	35±6	39±7	57±7
Erydu glannau nentydd	4±2	8±4	8±4
Dŵr afliw yn llifo i ffosydd neu nentydd	6±3	6±3	14±4
Gwaddod yn cael ei ddyddodi mewn ffosydd neu nentydd	7±3	5±3	9±4
Gyliau a ffrydiau yn ffurfio mewn caeau	3±2	3±2	3±2
Cywasgu neu rigoli oherwydd peiriannau trwm	11±4	13±5	27±6
Dim	55±6	50±7	30±6

\*naw deg pump y cant – cyfyngau hyder

Adroddodd Palmer a Smith (2013) gydberthynas gref rhwng lefelau diraddio a'r math o bridd. Priddoedd tywodlyd a phriddoedd glei dŵr daear oedd yn cael eu diraddio amlaf, tra bod priddoedd bas dros greigiau ac o dan briddoedd clai sydd wedi'u draenio yn cael eu diraddio leiaf.

Fodd bynnag, dylid nodi mai dim ond cydberthynas wan y mae arolygon o gywasgu pridd a diraddio glaswelltir wedi ei chanfod rhwng statws mesuredig a'r risg a ragwelir o gywasgu

neu sathru y pridd yn seiliedig ar fapiau cenedlaethol o briodweddau pridd (Hallett *et al.*, 2016 ; Prifysgol Cranfield, 2007). Mae'r mapiau'n rhagfynegi'r risg gynhenid o gywasgu yn hytrach na'r achosion ohono, sy'n dibynnu ar hanes rheoli caeau, ac mae'n ddichonadwy y bydd mesurau rheoli priodol megis traffig a reolir, dwyseddau stocio is neu ohirio dyddiadau troi stoc allan yn lliniaru risg ar y priddoedd mwyaf agored i niwed. Mae defnyddio cyfartaledd cynrychioliadol yn hytrach na PSD a charbon organig haenau pridd ar gyfer safleoedd penodol, a ffwythiannau pedo-drosglwyddo yn lle mesuriadau o gynnwys dŵr pridd, hefyd yn cyfrannu at ansicrwydd wrth fapio risg gynhenid *fel y cyfryw*.

## **5. Canlyniadau ar gyfer cynhyrchiant**

Yn gyffredinol, mae canlyniadau cywasgu pridd ar gyfer cynhyrchiant glaswelltir wedi'u meintioli drwy gymharu cnwd porfa a dorrwyd mewn lleiniau lle defnyddiwyd olwynion a lleiniau rheoli. Mae astudiaethau maes yn Lloegr, yr Alban a Gogledd Iwerddon wedi nodi gostyngiadau mewn cynnyrch sy'n tua 10 i 15% ar gyfartaledd dros sawl blwyddyn (gweler, er enghraifft, Douglas a Crawford, 1991; 1993; Douglas *et al.*, 1995; Frame a Merrilees, 1996; Frost, 1988; a Hargreaves *et al.* (2016). Mae damsang neu sathru gan dda byw wedi'i gysylltu'n aml â newidiadau mewn priodweddau pridd, megis swmp ddwysedd a macro-mandylledd (Drewry *et al.*, 2008), ond yn llai aml â newid mesuredig yn y borfa a borir. Mae hyn yn rhannol oherwydd cymhlethdod gwahanu effeithiau sathru gan anifeiliaid ac effeithiau gwrteithio dychweliadau nitrogen yn y tail. Mae Billotta *et al.* (2007) a de Klein (2001) yn crynhoi nifer o astudiaethau maes o ostyngiadau yng nghynhyrchiant porfa blynyddol o ganlyniad i ddamsang gan anifeiliaid, gan nodi gostyngiadau rhwng 0 a 40%. Gall damsang ar bridd wneud yr uwchbridd yn fwy agored i anffurfio plastig a phyllau wyneb, ac felly'n fwy agored i newid gan olion traws a sathru. Yna mae lleihad yn y borfa sydd ar gael yn digwydd o ganlyniad i ddifrodi a chladdu llystyfiant, yn ogystal â llai o awyru a thwf gwreiddiau (Billotta *et al.*, 2007).

## 6. Cyfeiriadau

- Aitchison, J. (1986) The statistical analysis of compositional data. Monographs on Statistics and Applied Probability, Chapman and Hall, London, 416 tt.
- Anthony, S., Jones, I., Naden, P., Newell-Price, P, Jones, D., Taylor, R., Gooday, R., Hughes, G., Zhang, Y., Fawcett, L., Simpson, D., Turner, A., Fawcett, C., Turner, D., Murphy, J., Arnold, A., Blackburn, J., Duerdoth, C., Hawczak, A., Pretty, J., Scarlett, P., Laize, C., Douthwright, T., Turwood, T., Jones, M., Peers, D., Kingston, H., Chauhan, M., Williams, D., Rollett, A., Roberts, J., Old, G., Roberts, C., Newman, J., Ingram, W., Harman, M., Wetherall, J. ac Edwards-Jones, G. (2012) Contribution of the Welsh agri-environment schemes to the maintenance and improvement of soil and water quality, and to the mitigation of climate change. Llywodraeth Cymru, Contract Gwasanaethau Monitro a Thechnegol Amaeth-Amgylchedd, Lot 3: Pridd, Dŵr a Newid Hinsawdd (Ecosystemau), Rhif 183/2007/08, Adroddiad Terfynol, 477 tt + Atodiadau.
- Anthony, S., Wilson, L., Hodgkinson, R., Jordan, C., Higgins, A., Lilly, A., Baggaley, N. a Farewell, T. (2012) Agricultural field under drainage installation in the United Kingdom. Prosiect AC0114 Defra, Adroddiad Terfynol, 119 tt.
- Billotta, G., Brazier, R. a Haygarth, P. (2006) The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in Agronomy*, 94, 237-280.
- Boorman, D., Hollis, J. a Lilly, A. (1995) Hydrology of soil types: a hydrologically based classification of the soils of the United Kingdom. Sefydliad Hydroleg, Adroddiad Rhif 126, 146 tt.
- Bradley, I., Earl, R., Leeds-Harrison, P. a Young, I. (2000) A national soil vulnerability based framework for the provision of farm specific guidance on the management of soil structure. Prosiect Defra, Rhif SP-3050, Adroddiad terfynol, 32 tt + Atodiadau.
- Brignall, A. a Rounsevall, M. (1994) The effects of future climate change on crop potential and soil tillage opportunities in England and Wales. Soil Survey and Land Research Centre, Prifysgol Cranfield a'r Environmental Change Unit, Prifysgol Rhydychen, 94 tt.
- Chanter, N. (1976) Mathematical models in mushroom research and production. Traethawd Hir Ph.D., Prifysgol Sussex.
- Prifysgol Cranfield (2007) Scoping study to assess soil compaction affecting upland and lowland grassland in England and Wales. Prosiect Defra, Rhif BD2304, Adroddiad Terfynol, 24 tt + Atodiadau.
- de Klein, C. (2001) An analysis of environmental and economic implications of nil and restricted grazing systems designed to reduce nitrate leaching from New Zealand dairy farms: II. Pasture production and cost/benefit analysis. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 44, 2-3, 217-235.
- Douglas, J. a Crawford, C. (1991) Wheel-induced soil compaction effects on ryegrass production and nitrogen uptake. *Grass and Forage Science*, 46, 405–416.

- Douglas, J. T. a Crawford, C. (1993) The response of a ryegrass sward to wheel traffic and applied nitrogen. *Grass & Forage Science*, 48, 91–100.
- Douglas, J., Crawford, C. a Campbell, D. (1995) Traffic systems and soil aerator effects on grassland for silage production. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 60, 261–270.
- Drewry, J., Cameron, K. a Buchan, G. (2008) Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing – a review. *Australian Journal of Soil Research*, 46, 3, 237-256.
- Frame, J. a Merrilees, D. (1996) The effect of tractor wheel passes on herbage production from diploid and tetraploid ryegrass swards. *Grass & Forage Science*, 51, 13–20.
- France, J. a Thornley, J. (1984) *Mathematical models in agriculture*. Butterworths, Llundain.
- Frost, J. (1988b) Effects on crop yields of machinery traffic and soil loosening. Part 2. Effects on grass yield of soil compaction, low ground pressure tyres and date of loosening. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 40, 57–69.
- Frost, J. (1989) Effects on crop yields of machinery traffic and soil loosening. Part 1: Effects on grass yield of traffic frequency and date of loosening. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 301–312.
- Hallett, P., Hall, R., Lilly, A., Baggaley, B., Crooks, B., Ball, B., Raffan, A., Braun, H., Russell, T., Aitkenhead, M., Riach, D., Rowan, J. a Long, A. (2016) Effect of soil structure and field drainage on water quality and flood risk. Scotland’s Centre of Expertise for Waters (CREW), Prosiect Rhif CRW2014\_3, Adroddiad Terfynol, 37 tt.
- Hallett, S., Hollis, J. a Keay, C. (1998) Derivation and evaluation of a set of pedogenically based empirical algorithms for predicting bulk density in British Soils. *Prifysgol Cranfield*, 20 tt.
- Hallett, S., Thanigasalam, P. a Hollis, J. (1995) SEISMIC: a desktop information system for assessing the fate and behaviour of pesticides in the environment. *Computers and Electronics in Agriculture*, 13, 227-242.
- Hallett, S. , Sakrabani, R., Keay, C. a Hannam, J. (2017) Developments in land information systems: examples demonstrating land resource management capabilities and options. *Soil Use and Management*, 33, 514-529.
- Hargreaves, P., Peets, S., Chamen, T., Misiewicz, P., White, D., a Godwin, R. (2016) Controlled traffic farming: methods applied to grassland silage management. *Agriculture and Horticulture Development Board*, Adroddiad Terfynol, 87 tt.
- Harrod, T. (1979) Soil suitability for grassland. Yn Jarvis, M. a Mackney, D. (Golygyddion) *Soil Survey Applications*, *Soil Survey Technical Monograph*, Rhif. 13, tt 51-70.
- Hollis, J. (2004) Major upgrade of SEISMIC. Prosiect Defra, Rhif PL0551, Adroddiad Terfynol, 25 tt.

Hollis, J. (2008) Major update of SEISMIC to extent to the whole of Great Britain. Prosiect Defra, Rhif PS2225a, Adroddiad Terfynol, 19 tt.

Hollis, J. ac Avery, B. (1997) History of soil survey and development of the Soil Series concept in the United Kingdom. *Advances in GeoEcology*, 29, 109-144.

Hollis, J., Hannan, J. a Bellamy, P. (2012) Empirically derived pedo-transfer functions for predicting bulk density in European soils. *European Journal of Soil Science*, 63, 96–109.

Hollis, J., Lilly, A., Higgins, A., Jones, R., Keay, C. a Bellamy, P. (2015) Predicting the water retention characteristics of United Kingdom mineral soils. *European Journal of Soil Science*, 66, 239–252.

Holman, I., Hollis, J., Bramley, M. a Thompson, T. (2003) The contribution of soil structural degradation to catchment flooding: a preliminary investigation of the 2000 floods in England and Wales. *Hydrology and Earth System Sciences*, 7, 5, 754-765.

Hough, M. a Jones, R. (1997) The United Kingdom Meteorological Office rainfall and evaporation calculation system: MORECS version 2.0 – an overview. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1, 2, 227-239.

Houlbrooke, D., Thom, E., Chapman, R. a McLay, C. (1997) A study of the effects of soil bulk density on root and shoot growth of different ryegrass lines. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 40, 40-429, 435-235.

Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R., Kibblewhite, M., Lexer, W., Möller, A., Rickson, R., Shishkov, T., Stephens, M., Toth, G. Van den Akker, J., Varallyay, G., Verheijen, F. a Jones, A. (Golygyddion) (2008). *Environmental Assessment of Soil for Monitoring: Volume I Indicators & Criteria*. EUR 23490 EN/1, Swyddfa ar gyfer Cyhoeddiadau Swyddogol y Cymunedau Ewropeaidd, Lwcsembwrg, 339 tt.

Jones, R., Spoor, G. a Thomasson, A. (2003) Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis. *Soil and Tillage Research*, 73, 131-143.

Keay, C., Jones, R., Procter, C., Chapman, V., Barrie, I., Nias, I., Smith, S. ac Astbury, S. (2013) The impact of climate change on the capability of land for agriculture as defined by the Agricultural Land Classification. Prosiect DEFRA Rhif. SP1104, Adroddiad Terfynol, 138 tt.

Kjeldsen, T., Stewart, E., Packman, J., Folwell, S. a Bayliss, A. (2005) Revitalisation of the FSR/FEH rainfall-runoff method. *Asiantaeth yr Amgylchedd, Adroddiad Technegol Rhif FD1913/TF*, 149 tt.

Merrington, G., Fishwick, S., Barraclough, D., Morris, J., Preedy, N., Boucard, T., Reeve, M., Smith, P. a Fang, C. (2006) The development and use of soil quality indicators for assessing the role of soil in environmental interactions. *Asiantaeth yr Amgylchedd, Prosiect Rhif SC030265*, 248 tt.

Mulholland, B. a Fullen, M. (1991) Cattle trampling and soil compaction on loamy sands. *Soil Use and Management*, 7, 4, 189-193.



- Newell-Price, P., Whittingham, M., Chambers, B. a Peel, S. (2012) Visual soil evaluation in relation to measured soil physical properties in a survey of grassland soil compaction in England and Wales. *Soil and Tillage Research*, 121, 65-73.
- Packman J., Quinn P., Hollis J. ac O'Connell P. (2004) Review of impacts of rural land use and management on flood generation- Short-term improvement to the FEH rainfallrunoff model: Technical background Defra R&D Project Record FD2114/PR3.
- Paivaven, J. (1973) Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. *Acta Forestalia Fennica*, 129, 71 tt.
- Palmer, R. (2015) Soil water storage capacity in the Somerset Levels and Moors catchment. Natural England, Adroddiad Terfynol, 52 tt.
- Palmer, R. a Smith, R. (2013) Soil structural degradation in south-west England and its impact on surface-water runoff generation. *Soil Use and Management*, 29, 567-575.
- Peerlkamp, P.K. (1967). A visual method of soil structure evaluation. Yn West-European Working group on Soil Structure of the International Soil Science Survey (Golygyddion) West European methods for soil structure determination, Ghent, tt. 216-223.
- Rawls, W., Pachepsky, Y., Ritchie, J., Sobecki, T. a Bloodworth, H. (2003) Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116, 61076.
- Shepherd, T.G. (2000). Visual Soil Assessment. Cyfrol 1. Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. Horizons and Landcare Research, Palmerston North, 84 tt.
- Thomasson, A. (1984). *Proposals for new handbook*. Drafft cyntaf. Heb ei gyhoeddi.
- Truong, P. a Heuvelink, G. (2013) Uncertainty quantification of soil property maps with statistical expert elicitation. *Geoderma*, 202-203, 142-152
- World Reference Base (2007) World Reference Base for Soil Resources 2006 – A framework for international classification, correlation and communication - First update 2007. World Soil Resources Reports, Rhif 103, FAO, Rhufain, 128 tt.