



Llywodraeth Cymru
Welsh Government

Rhaglen Dystiolaeth Polisi Pridd 2018-19

Adolygiad Technegol ALC (Rhan 1)

31 Hydref 2019

Cod Rhaglen: SPEP2018-19/12

Rhaglen Dystiolaeth y Polisi Pridd

SPEP2018-19/12: Adolygiad Technegol ALC (Rhan 1)

Cyflwynwyd i:

Llywodraeth Cymru

Polisi Defnydd Tir Amaethyddol a Phridd

Is-adran Tir, Natur a Choedwigaeth

Adran Materion Gwledig

Paratowyd gan:

Dr Alison Rollett

ADAS Gleadthorpe

Netherfield Lane

Meden Vale

Nottinghamshire

NG20 9PD

John Williams

ADAS Boxworth

Battlegate Road

Boxworth

Cambridgeshire

CB23 4NN

31 Hydref 2019

Cynnwys

1	Cyflwyniad	1
2	Amcanion.....	1
3	Dosbarthiad Tir Amaethyddol.....	2
4	Graddiant neu lethr.....	3
4.1	Gweithredu peiriannau	6
4.2	Erydu pridd	7
4.3	Casgliadau o ran graddau ALC ar gyfer lethr	8
5	Natur garegog pridd.....	8
5.1	Gweithredu peiriannau	9
5.2	Capasiti dŵr sydd ar gael.....	9
5.3	Casgliadau o ran graddau ALC ar gyfer natur garegog	10
6	Dyfnder pridd.....	10
6.1	Dyfnder y pridd a'r dŵr sydd ar gael	11
6.2	Mesuriadau gwahanol o ddyfnder pridd.....	12
6.3	Casgliadau o ran graddau ALC ar gyfer dyfnder pridd.....	13
7	Dosbarthiad maint gronynnau	14
7.1	Teimlo ansawdd â llaw i asesu ansawdd pridd	15
7.2	Methodoleg maint gronynnau.....	16
7.2.1	Dulliau gwaddodiad.....	16
7.2.1.1	Dull pibed	17
7.2.1.2	Dull hydromedr	17
7.2.2	Dull diffreithiant laser.....	17
7.3	Cymharu pennu ansawdd â llaw gyda phenderfyniad labordy	19
7.4	Cymharu methodolegau labordy	22
7.5	Casgliadau'r fethodoleg dadansoddi maint gronynnau	27
8	Cyfeiriadau.....	29

Crynodeb Gweithredol

Cyflwyniad

- Mae Dosbarthiad Tir Amaethyddol Cymru a Lloegr (ALC) yn darparu fframwaith ar gyfer dosbarthu tir amaethyddol i chwe dosbarth (ALC graddau 1, 2, 3a, 3b, 4 a 5) yn ôl y graddau y mae nodweddion hinsoddol, pridd a safle yn cyfyngu ar ddefnydd amaethyddol. Gall y cyfyngiadau effeithio ar amrywiaeth y cnydau y gellir eu tyfu, lefel a chysondeb y cnwd a'r costau cysylltiedig o ffermio'r tir.
- O gofio bod y canllawiau wedi'u cyhoeddi dros 30 mlynedd yn ôl, mae'n bosibl nad yw'r terfynau trothwy ar gyfer pennu graddau ar gyfer rhai ffactorau'n ddilys mwyach. Mae'r adolygiad hwn yn asesu'r sail dystiolaeth i gefnogi cyfyngiadau ar safleoedd yn sgil cyfyngiadau graddiant a chyfyngiadau pridd yn sgil natur garegog, dyfnder ac ansawdd pridd (Tabl I).

Tabl I. Terfynau ALC ar gyfer graddiant, cerrig a dyfnder pridd

Gradd ALC	Terfynau graddiant (graddau)/[%]	Cyfyngu canrannau (cyfaint y cerrig caled yn 25 cm uchaf y pridd)		Terfynau dyfnder (cm)
		<i>Cerrig > 2 cm</i>	<i>Cerrig > 6 cm</i>	
1	7 [12.3]	5	5	≥60
2		10	5	≥45
3a		15	10	≥30
3b	11 [19.4]	35	20	≥20
4	18 [32.5]	50	35	≥15
5	>18 [>32.5]	>50	>35	<15

- Ymchwiliodd yr adolygiad i'r fethodoleg sy'n cael ei defnyddio hefyd i asesu ansawdd pridd h.y. ansawdd â llaw o gymharu â dulliau labordy a chymharu canlyniadau'r gwahanol ddulliau o ddosbarthu ansawdd pridd.
- Graddiant**
- Mae graddiant neu lethr tir yn cael dim neu fawr ddim dylanwad uniongyrchol ar bwysau cnwd. Fodd bynnag, mae'n amlwg bod llethr tir yn effeithio ar ei addasrwydd ar gyfer cynhyrchu amaethyddol; yn bennaf drwy'r cyfyngiadau mae llethrau mwy serth yn eu gosod ar fecaneiddio rheoli cnydau ac ar ba mor agored ydynt i erydu pridd.
- Gyda gwelliannau yng nghynllun a phŵer peiriannau, ynghyd â systemau sy'n gwneud gweithio ar lethr yn fwy diogel, gellid cynyddu'r terfyn graddiant ar gyfer ALC gradd 1/2/3a i 8° (o 7°) yn seiliedig ar addasrwydd mecanyddol yn unig. Fodd bynnag, mae'r risg o erydu pridd yn uchel lle mae'r llethrau yn >7° a'r pridd yn dywod neu'n silt yn bennaf (h.y. tywod, tywod lomog, lom tywodlyd, lom silt tywodlyd, lom silt a lom clai silt). Felly, ar ôl pwyso a mesur, gan ystyried risgiau diogelwch ac erydu pridd, ni argymhellir newid y graddau ALC yn ôl y llethr.
- Natur garegog**
- Yn yr ALC, dosberthir priddoedd caregog yn ôl y ffractsiwn cymharol o ddarnau o greigiau mewn pridd (natur garegog y pridd) wedi'i fynegi fel cyfaint cymharol (Tabl I). Prif effeithiau cerrig yw gweithredu fel rhwystr i drin tir, cynaeafu a thwf cnydau ac i achosi gostyngiad yn y cynhwysedd dŵr sydd ar gael (AWC) mewn pridd.
- Mae ymchwil mewn gwledydd eraill wedi awgrymu y gallai AWC rhai mathau o greigiau fod yn uwch nag yn y canllawiau ALC presennol, er nad yw hyn wedi'i fesur ar gyfer creigiau yng Nghymru. O ganlyniad, nid oes digon o dystiolaeth i ddiweddarau'r gwerthoedd AWC ar gyfer creigiau a restrir yn y canllawiau ALC. Yn ogystal, nid oes unrhyw sail resymegol dros awgrymu bod effeithiau negyddol cerrig ar drin tir, cynaeafu ac ansawdd cnydau wedi newid ers 1988. Am y rhesymau hynny, argymhellir na ddylid newid y graddau ALC yn ôl natur garegog pridd.

- **Dyfnder pridd**
- Mae dyfnder pridd yn effeithio ar allu pridd i weithredu ac mae'n benderfynydd uniongyrchol ac anuniongyrchol pwysig o ran cynhyrchiant cnydau. Gall priddoedd bas gyfyngu ar dyfiant gwreiddiau, gan leihau sefydlogrwydd planhigion a chynyddu'r perygl o gnwd yn cwmpo ar ei orwedd. Mae cnydau'n ymateb yn anuniongyrchol i ddyfnder pridd hefyd drwy argaeledd (neu fel arall) adnoddau hanfodol megis dŵr, ocsigen a maetholion. Wrth ystyried y radd ALC yn ôl dyfnder pridd, dylid nodi y byddai >95% o'r safleoedd yn ALC gradd 1 (h.y. ≥ 60 cm), o'u dosbarthu yn ôl dyfnder yn unig
- Gellir ystyried dyfnder pridd yn nodwedd pridd gynhenid sy'n annhebygol o newid, er y gall erydiad a newid mewn defnydd tir arwain at dynnu'r pridd uchaf ymaith a lleihau cyfanswm dyfnder y pridd. Gall cywasgu pridd oherwydd traffig cerbydau neu anifeiliaid achosi gostyngiadau bach yn nyfnder pridd dros amser. Fodd bynnag, o ystyried natur gynhenid dyfnder y pridd a'r nifer fach o briddoedd lle mae dyfnder y pridd yn llai na <60 cm (y terfyn ar gyfer ALC Gradd 1 ar gyfer dyfnder pridd), ni argymhellir unrhyw newidiadau i gategorïau gradd ALC.
- **Dosbarthiad maint gronynnau**
- Mae ansawdd a strwythur pridd yn cael dylanwad mawr ar gyfraddau cadw dŵr, symud dŵr ac awyru mewn priddoedd ac felly ar ymarferoldeb ei drin, traffig, risg sathru ac addasrwydd fel cyfrwng ar gyfer twf planhigion. Mae'r dosbarth ansawdd pridd yn cael ei bennu gan gyfrannau cymharol y tywod a'r gronynnau silt a chlai a chyfanswm y deunydd organig mewn pridd. Gall asesiad o ansawdd pridd gael ei wneud yn y cae â llaw, fodd bynnag mae mesuriad cywir o ddosbarthiad maint gronynnau yn gofyn am ddadansoddiad labordy.
- Mae gwaddodiad mewn dŵr wedi'i ddefnyddio fel techneg labordy i wahanu pridd i feintiau gronynnau gwahanol ers blynnyddoedd lawer gan ddefnyddio naill ai'r dull hidlo pibed sy'n mesur crynodiad pwysau neu'r dull hidlo hydromedr sy'n mesur dwysedd y daliant.
- Yn fwy diweddar, mae'r dull diffreithiant laser (LDM) wedi bod yn cael ei ddefnyddio'n eang. Mae LD yn ddull optegol anuniongyrchol sy'n cael ei ddefnyddio i fesur dosbarthiad maint gronynnau yn ôl gwasgariad tonnau electromagnetig ar y gronynnau. Mae'n seiliedig ar yr egwyddor bod gronynnau sy'n mynd drwy baladr laser ar bwynt penodol o amser yn gwasgaru golau ar ongl sy'n uniongyrchol gysylltiedig â'u maint. Mae'r ongl diffreithiant yn cyfateb i faint gronynnau.
- Nid oes unrhyw berthynas syml rhwng gwaddodiad a dulliau diffreithiant laser. Un gwahaniaeth arwyddocaol rhwng dulliau yw bod dulliau gwaddodiad yn mesur canran màs gronynnau (h.y. cyfanswm y mater) a bod LD yn mesur canrannau cyfaint (h.y. faint o le sy'n cael ei gymryd) yn seiliedig ar ddiamedr optegol. Mae'r ddwy fethodoleg yn gwneud rhagdybiaethau ynghylch siâp sfferig y gronynnau pridd a fydd, mewn gwirionedd, yn dibynnu ar nodweddion sampl pridd unigol. Er enghraifft, mae gronynnau siâp platy yn arwain at oramcangyfrif ffracsiwn mân tra bod gronynnau siâp disg neu ffon yn arwain at danamcangyfrif yr amrediad 0.0001 mm i 0.100 mm. Fodd bynnag, mae'n anodd amcangyfrif ar gyfer pa un o'r dulliau y mae'r camgymeriad a achosir gan y diffyg siâp sfferig yn fwy arwyddocaol.
- Yn ddiweddar, mae cymhariaeth ag arsylwi uniongyrchol drwy ddelweddu digidol wedi dangos bod LD yn gynrychiolaeth agosach o wir ddosbarthiad maint gronynnau na dulliau sy'n seiliedig ar waddodion. Fodd bynnag, dylid nodi bod yr ALC a gwaith blaenorol Arolwg Priddoedd Cymru a Lloegr wedi cael eu graddnodi gan ddefnyddio'r dull pibed, felly byddai angen gofal wrth symud i'r LDM.

1 Cyflwyniad

Mae Dosbarthiad Tir Amaethyddol Cymru a Lloegr (ALC) yn darparu fframwaith ar gyfer dosbarthu tir amaethyddol yn unol â'r graddau y mae ei nodweddion ffisegol neu gemegol yn cyfyngu ar ddefnydd amaethyddol. Gall y cyfyngiadau effeithio ar amrywiaeth y cnydau y gellir eu tyfu, lefel a chysondeb y cnwd a chost gysylltiedig ffermio'r tir. Mae'r radd ALC yn disgrifio addasrwydd y tir ar gyfer amrywiaeth o gnydau a allai fod yn addas.

Dyfeisiwyd a chyflwynwyd yr ALC yn y 1960au ac roedd yn darparu fframwaith ar gyfer dosbarthu tir i bum dosbarth (graddau ALC 1-5) yn ôl y graddau yr oedd nodweddion hinsoddol, pridd a safle yn cyfyngu ar gynhyrchiant amaethyddol. Roedd yn seiliedig ar system gallu tir yr United States Department of Agriculture (USDA), a oedd yn dosbarthu tir i wyth dosbarth; mae risgiau difrod pridd neu gyfyngiadau o ran defnydd yn gynyddol uwch o ddosbarth I i ddosbarth VIII (USDA, 1961). Yn dilyn adolygiad o'r system, cafodd yr ALC ei ddiweddarau yn y 1970au i rannu tir ALC gradd 3 yn is-raddau 3a, 3b a 3c. Wedi hynny, cafodd y system ei diweddarau ymhellach yn yr 1980au, pan benderfynwyd nad oedd angen israniad triphlyg o dir Gradd 3 mwyach, a chafodd y radd 3C ei dileu. Roedd y system ddiwygiedig yn ymgorffori rhai o nodweddion y Dosbarthiad Gallu Defnydd Tir saith dosbarth, a ddefnyddiwyd yn flaenorol gan Arolwg Priddoedd Cymru a Lloegr (SSEW) lle mae dosbarthiadau 5-7 yn cyfateb yn fras i Radd 5 yr ALC (Bibby a Mackney, 1969). Noder er bod tebygrwydd rhwng y system hon a system yr Alban, datblygwyd yr ALC yn benodol i'w ddefnyddio yng Nghymru a Lloegr. Mae'r Alban yn defnyddio'r dosbarthiad Macaulay Land Capability for Agriculture (LCA), a ddiweddarwyd yn y 1980au, ac yn rhannu tir yn saith dosbarth (gydag is-adrannau pellach) yn dibynnu ar ei gynhyrchiant posibl a hyblygrwydd cnydio.

Y radd ALC derfynol a roddir i leoliad yw'r radd isaf o blith unrhyw un o'r 10 maen prawf (h.y. mae meini prawf yn cael eu cyfuno yn unol â chyfraith agronomegol yr isafswm, cyfraith Liebig). Roedd adolygiad panel arbenigol o'r meini prawf bio-ffisegol a ddefnyddiwyd i nodi ardaloedd o 'gyfyngiadau naturiol difrifol i amaethyddiaeth' yn yr EU28 yn defnyddio dull tebyg (Van Orshoven *et al.*, 2014). Dosbarthodd y panel arbenigol nodweddion, megis dyfnder neu raddiant pridd, fel rhai nad ydynt yn cyfyngu neu'n cyfyngu'n ddifrifol; cyn gynted ag y barnwyd bod un maen prawf yn cyfyngu'n ddifrifol, barnwyd bod y tir yn cyflwyno cyfyngiadau difrifol o ran cynhyrchiant amaethyddol. Mewn cymhariaeth, mae rhai systemau dosbarthu tir wedi'u seilio ar 'bwyntiau' sy'n cronni, er enghraifft, system Muencheberg Soil Quality Rating (SQR) yr Almaen (Mueller *et al.*, 2007) lle caiff pob grŵp o ddangosyddion (e.e. dyfnder neu lethr) ei sgorio a lle mae'r sgôr terfynol yn seiliedig ar gyfanswm y sgôr allan o 100.

Yn 2019, mae tir yn dal i gael ei raddio'n unol â'r canllawiau a'r meini prawf a sefydlwyd ym 1988 (MAFF, 1988). O gofio bod y canllawiau wedi'u cyhoeddi dros 30 mlynedd yn ôl, mae'n bosibl nad yw'r terfynau trothwy ar gyfer pennu graddau ar gyfer rhai ffactorau'n ddilys mwyach. Mae'r adolygiad hwn yn asesu'r sail dystiolaeth i gefnogi cyfyngiadau ar safleoedd yn sgil cyfyngiadau graddiant a chyfyngiadau pridd yn sgil ansawdd, natur garegog a dyfnder pridd.

2 Amcanion

Ar gyfer meini prawf ALC mewn perthynas â graddiant, dyfnder a natur garegog pridd:

- Adolygu'r llenyddiaeth dechnegol mewn perthynas â graddiant, dyfnder a natur garegog pridd.
- Asesu a yw'r terfynau ar gyfer pob is-radd yn dal i fod yn berthnasol ac yn gywir ar gyfer pob maen prawf.
- Lle bo'n briodol, argymhell trothwyon newydd ar gyfer pob maen prawf.

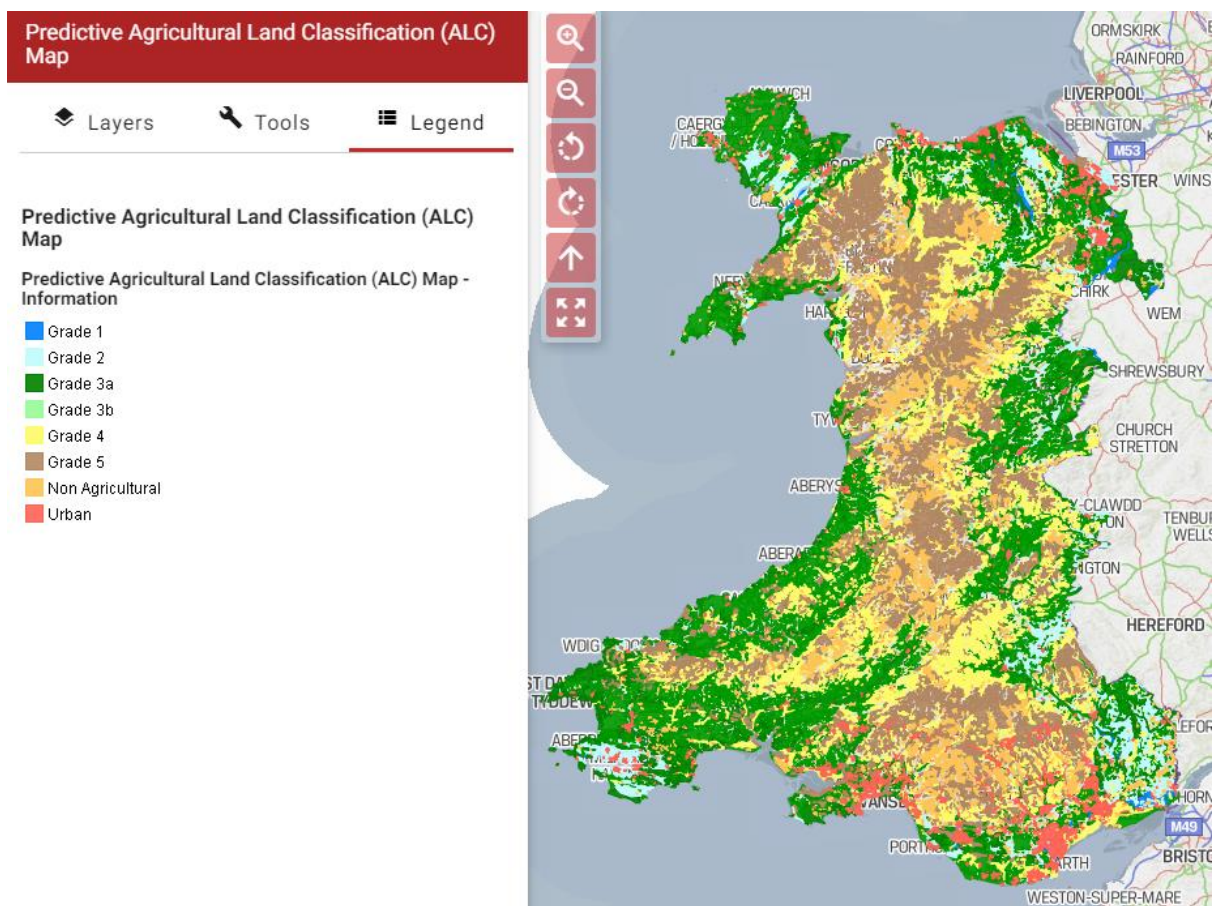
Ar gyfer ansawdd pridd, sy'n baramedr arwyddocaol yn yr asesiadau o sychder a gwlybanaeth:

- Ymchwilio i'r fethodoleg sy'n cael ei defnyddio i asesu ansawdd pridd h.y. ansawdd â llaw o gymharu â dulliau labordy.
- Cymharu canlyniadau gwahanol ddulliau o ddosbarthu ansawdd pridd.

3 Dosbarthiad Tir Amaethyddol

Y prif ffactorau ffisegol sy'n dylanwadu ar gynnyrch amaethyddol yw'r hinsawdd, safle (e.e. graddiant neu ficro-dirwedd) a phridd. Y ffactorau hyn, a'r rhyngweithiadau rhyngddynt, yw sail dosbarthu tir i un o'r pum gradd; Gradd 1: ansawdd rhagorol i Radd 5: ansawdd gwael. Mae Gradd 3 wedi ei rhannu ymhellach i ddwy is-radd, sef 3a a 3b. Diffinnir y tair gradd uchaf (1-3a) ym Mholisi Cynllunio Cymru fel y tir amaethyddol 'gorau a mwyaf amlbwras' (BMV) (Llywodraeth Cymru, 2018) sy'n addas ar gyfer amrywiaeth eang o gnydau. Y prif ffactorau ffisegol sy'n cael eu nodi fel y rhai sy'n cyfyngu yw: hinsawdd, gwlybanaeth pridd, sychder pridd, llethr, llifogydd, gwead pridd, dyfnder pridd, faint o gerrig sydd mewn pridd, nodweddion cemegol pridd ac erydiad pridd. Y radd ALC derfynol a roddir i leoliad yw'r radd isaf o blith unrhyw un o'r 10 maen prawf (h.y. mae meini prawf yn cael eu cyfuno yn unol â chyfraith agronomegol yr isafswm, cyfraith Liebig).

Mae tir Gradd 1 wedi'i leoli ar ddarnau bychan o iseldir yn y Gogledd-ddwyrain ac yn y De (Ffigur 1). Yn yr un modd, mae tir Gradd 2 wedi'i leoli'n bennaf ar iseldir yn y Gogledd a'r De ac yn Ynys Môn a Sir Benfro. Mae tir Gradd 3 wedi'i ddosbarthu'n ehangach mewn ardaloedd o dir isel ar yr arfordir ac yn y mewndir, mewn dyffrynnoedd afonydd (e.e. afonydd Gŵy ac Hafren) ac ar y gororau. Yn olaf, mae tir amaethyddol Gradd 4 a Gradd 5 yn ardaloedd yr ucheldir yn y canolbarth. Dim ond tir amaethyddol Gradd 3a ac uwch fydd yn addas ar gyfer troi pridd a chnydau garddwriaethol fel arfer (MAFF, 1988).



Ffigur 1. Map dosbarthiad tir amaethyddol (ALC) rhagfynegol¹.

4 Graddiant neu lethr

Nid yw graddiant neu lethr tir yn cael dim neu fawr ddim dylanwad uniongyrchol ar bwysau cnwd. Fodd bynnag, pan fo llethrau'n fwy serth, mae rheoli tir yn fwy heriol a gall y mathau o gnydau y gellir eu tyfu fod yn gyfyngedig. Mae'r terfynau graddiant ALC presennol i'w gweld yn Tabl 1. Defnyddir llethr fel maen prawf yn aml i asesu gallu ac addasrwydd tir ar gyfer amaethyddiaeth mewn systemau dosbarthu tir eraill e.e. US Soil Survey and FAO (gweler enghreifftiau yn Tabl 2). Mae tir ar lethr yn gwneud gweithrediadau fferm mecanyddol yn anodd ac mae trin tir ar lethr yn peri risg uwch o erydu pridd.

Tabl 1. Gradd/is-radd ALC yn ôl graddiant

Gradd/is-radd ALC	Terfynau graddiant (gradd)/[%]
1	7 [12.3]
2	
3a	
3b	11 [19.4]
4	18 [32.5]
5	>18 [>32.5]

Tabl 2. Diffiniadau o ddosbarthiadau llethr a) US Soil Survey a b) FAO.

a) US Soil Survey (Ffynhonnell: USDA, 2017)			
Dosbarthiadau Llethr		Terfynau dosbarth llethr (graddiant) a argymhellir	
<i>Llethrau syml</i>	<i>Llethrau cymhleth</i>	<i>Is (gradd/[%])</i>	<i>Uchaf (gradd/[%])</i>
Bron yn wastad	Bron yn wastad	0	2 [3]
Llethr graddol	Lled-donnog	0.6 [1]	5 [8]
Llethr serth	Tonnog	2 [4]	9 [16]
Gweddol serth	Bryniog	6 [10]	17 [30]
Serth	Serth	11 [20]	31 [60]
Serth iawn	Serth iawn	>24 [45]	

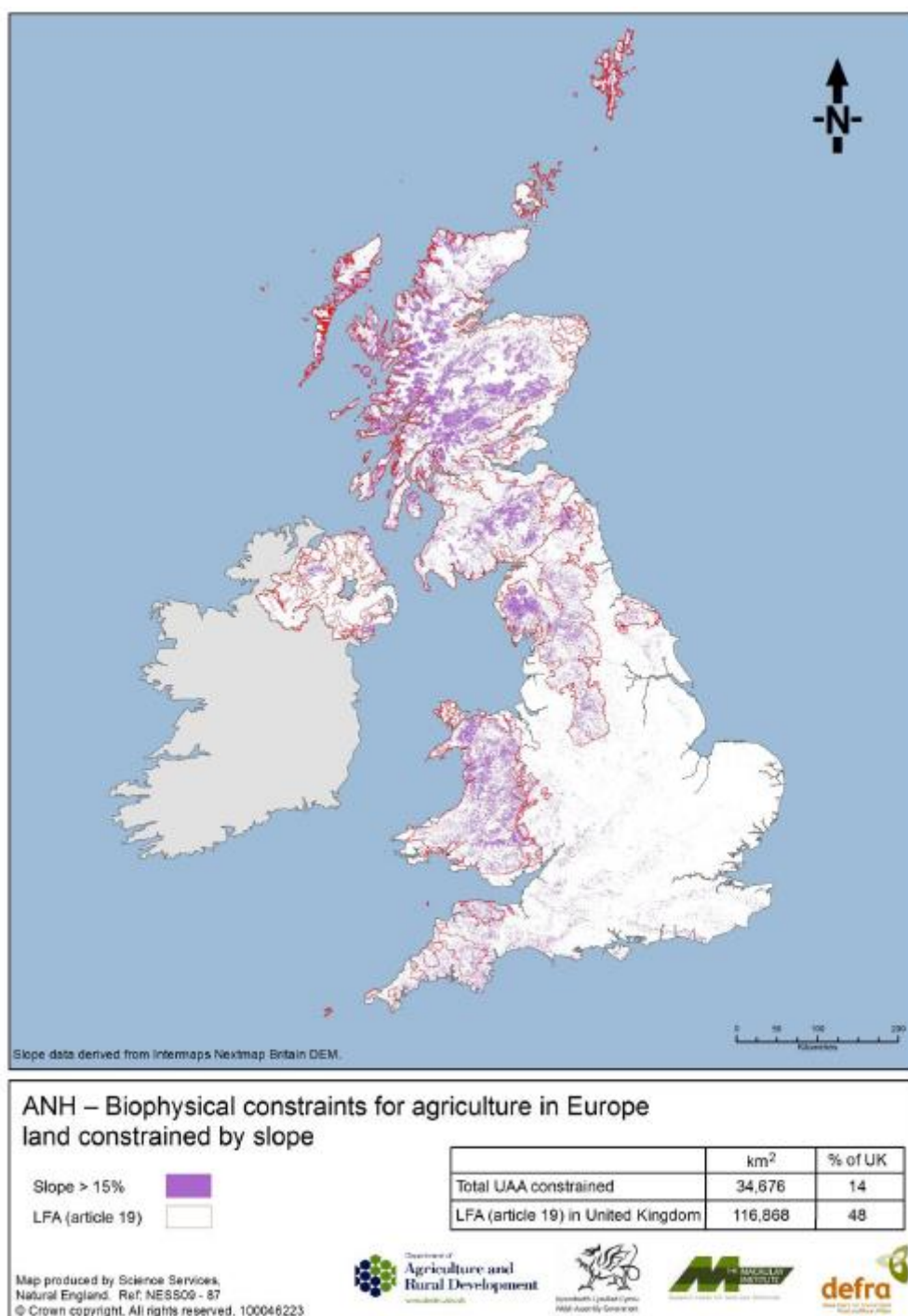
b) Dosbarthiadau graddiant llethr FAO (Ffynhonnell: FAO (2006))		
Dosbarth	Disgrifiad	<i>gradd/[%]</i>
01	Hollol wastad	0-0.1 [0-0.2]
02	Gwastad	0.1-0.3 [0.2-0.5]
03	Bron yn wastad	0.3-0.6 [0.5-1.0]
04	Llethr graddol iawn	0.6-1 [1.0-2.0]
05	Llethr graddol	1-3 [2-5]
06	Llethr	3-6 [5-10]

¹ <http://lle.gov.wales/map/alc#m=-3.4,52.5,8&b=europa&l=908h;893h;1326;>

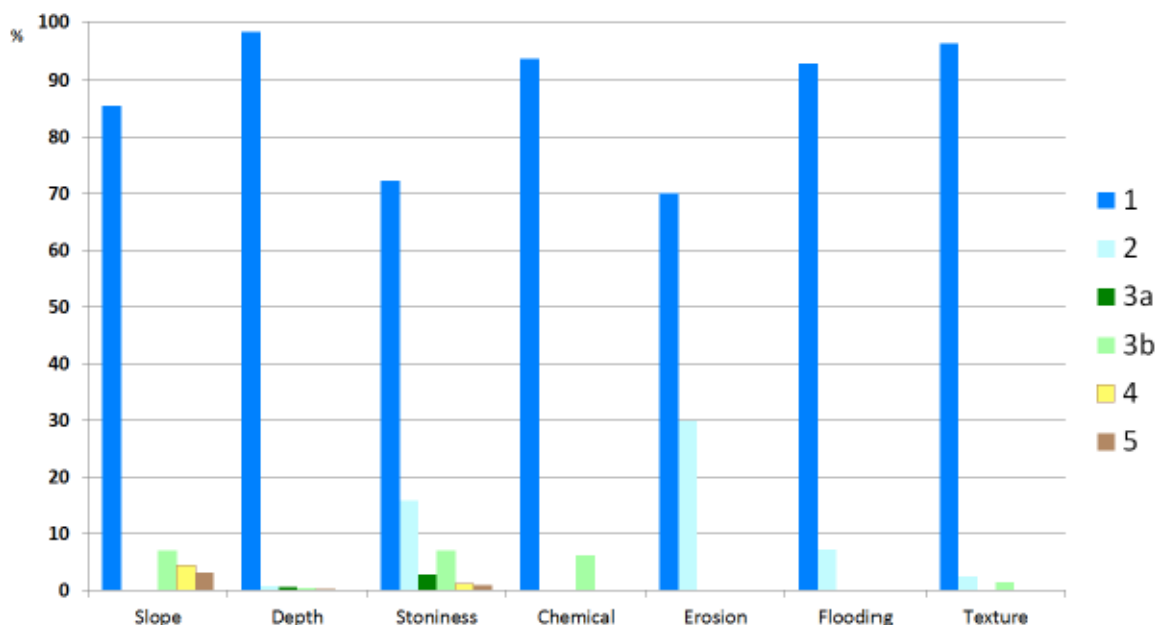
07	Llethr serth	6-9 [10-15]
08	Gweddol serth	9-17 [15-30]
09	Serth	17-31 [30-60]
10	Serth iawn	>31 [60]

Awgrymodd Van Orshoven *et al.* (2014) y bydd llethr serth ($\geq 8.5^\circ/15\%$) yn dechrau achosi problemau ar gyfer trin tir yn fecanyddol ac efallai y bydd angen offer penodol i sicrhau gweithrediad diogel ac effeithiol. Ar gyfer Cymru, cyfrifwyd bod gan 727,600 ha (7,276 km²) lethr o $\geq 8.5^\circ/15\%$, a bod tua 70% ohono'n cael ei ddefnyddio mewn ardaloedd amaethyddol (Defra, 2010; Ffigur 2). Yn seiliedig ar ardal amaethyddol a ddefnyddir o tua 1.8 miliwn hectar, mae gan oddeutu 25% o dir amaethyddol Cymru lethr $\geq 8.5^\circ/15\%$.

Gan ddefnyddio data o gofnodion y National Soil Inventory a'r Swyddfa Dywydd (1921-2000) ar baramedrau hinsawdd, pridd a safle, nododd Keay *et al* (2013) mai llethr oedd y ffactor mwyaf cyfyngol mewn dim ond tua 9% o safleoedd ac y byddai >80% o safleoedd yng Ngradd 1/2/3a ar gyfer llethr (h.y. llethr $\leq 7^\circ$) Ffigur 3.



Ffigur 2. Llethrau >15% (8.5°) yn y DU. Ffynhonnell: Defra, 2010.



Ffigur 3. Cyfran y tir yng Nghymru a Lloegr wedi'i neilltuo i bob gradd ALC yn ôl meini prawf nad ydynt yn ymwneud â'r hinsawdd (1921-2000). Ffynhonnell: Keay *et al.*, 2013.

4.1 Gweithredu peiriannau

Mae llethr yn cael effaith sylweddol ar weithrediadau mecanyddol fferm gan fod y rhan fwyaf o beiriannau amaethyddol confensiynol yn perfformio orau ar dir gwastad ac nid yw llethrau serth yn hygyrch ar gyfer peiriannau fferm (Baker a Capel, 2011). Mae defnyddio peiriannau ar lethrau yn ddiogel ac effeithlon yn dibynnu llawer iawn ar fath a dyluniad y peiriant ac ar natur y llethr sy'n cael ei ffermio. Er enghraifft, gellir gweithio ar lethrau â lle troi digonol ar y top a'r gwaelod yn ddiogel, ond efallai na fydd llethrau tebyg heb le i droi yn ddiogel i'w ffermio. Bydd tywydd (h.y. glawiad a chyflymder y gwynt), cyflwr y ddaear (e.e. gwlyb, mwdlyd neu rewlyd), gorchudd tir a garwedd wyneb yn effeithio ar weithrediad peiriannau ar dir llethrog hefyd.

Rhoddir y terfynau ALC presennol yn ôl graddiant yn Tabl 1 uchod ac maent wedi'u seilio'n bennaf ar derfynau diogel ar gyfer tractor gyriant dwy olwyn 90 marchnerth (hp). Fodd bynnag, mae tractorau gyriant dwy olwyn yn anghyffredin erbyn hyn; Yn 2010, amcangyfrifwyd bod <1% o'r tractorau a werthwyd y flwyddyn honno yn gerbydau gyriant dwy olwyn². Yn ogystal, yn 2018, roedd marchnerth cyfartalog tractor tua 165 hp³, sef bron i ddwywaith cymaint â'r tractor yr oedd terfynau'r radd yn seiliedig arnynt yn wreiddiol.

Mae gan dractorau gyriant pedair olwyn fwy o dyniant na thractorau gyriant dwy olwyn ac, yn aml, gallant barhau i weithio lle byddai cerbyd gyriant dwy olwyn yn dioddef yn sgil olwynion yn llithro. Maent yn debygol o fod yn fwy diogel na thractorau gyriant dwy olwyn ar lethrau, er bod y risg y bydd tractorau a chyfarpar yn troi drosodd yn fwy a bod y cyfraddau gwaith yn llai effeithlon nag ar dir gwastad. Mae cyfran uchel o ddamweiniau gyda thractorau yn gysylltiedig â throi drosodd (e.e. 55% mewn astudiaeth ddiweddar yn Awstria gan Mayrhofer *et al.*, 2014). Dangosodd dadansoddiad Mayrhofer *et al.* (2014) o adroddiadau ar ddamweiniau fod damweiniau troi drosodd gyda thractorau yn digwydd ar lethrau serth ac argloddiau a chefnennau cyfagos yn aml. Gall peiriannau modern gynnwys nodweddion sy'n gwneud gweithrediad ar lethrau yn fwy effeithlon a diogel e.e. cyfuno â

² <https://www.fwi.co.uk/machinery/so-who-uses-two-wheel-drive-tractors>

³ <https://aea.uk.com/industry-insight/tractor-statistics/>

systemau lefelu sy'n gallu gweithredu ar lethrau hyd at 15° (28%)⁴. Yn ogystal, mae Daccache *et al.*, 2012 wedi awgrymu mai llethr o 8.5° yw'r terfyn ar gyfer peiriannau codi cerrig, plannu tatws a chynaeafu.

Mae cryfder cynhaliol (i bob pwrpas, y pwysau y gall pridd ei wrthsefyll cyn bod difrod difrifol yn cael ei wneud i strwythur y pridd) yr uwchbridd yn hollbwysig hefyd o ran gweithrediad diogel peiriannau ar lethrau. Os oes gan arwynebau gryfder cynhaliol isel, mae'r ongl ddiogel ar gyfer gweithio yn cael ei lleihau. Mae cryfder strwythurol pridd yn nodwedd ddeinamig, sy'n amrywio'n fawr ar gyfer pridd penodol yn ôl cynnwys lleithder pridd, ac mae pob pridd yn colli sefydlogrwydd strwythurol pan fo'n wlyb. Hefyd, mae ansawdd pridd yn pennu pa mor hawdd y caiff gronynnau pridd eu haildrefnu pan fo straen penodol arnynt. Mae gan briddoedd sydd â chyfran uchel o silt neu dywod mân strwythur gwan.

4.2 Erydu pridd

Mae'r ffactorau sy'n dylanwadu ar ba mor agored yw tir i erydiad pridd wedi eu hadolygu'n helaeth yn y llenyddiaeth. Mae ffactorau risg yn cynnwys dwysedd, hyd ac amseru glawiad; priodweddau ffisegol, biolegol a chemegol priddoedd; hyd, graddiant a ffurf y llethr; y math o lystyfiant/cnwd ar y tir a'i gam datblygu; a math ac amseriad arferion rheoli tir (Knox *et al.*, 2015).

Gall erydiad ddigwydd o ganlyniad i ddŵr ffo, gwynt, troi pridd, cyd-echdynnu gyda gwreiddlysiau a pheiriannau fferm ac effaith pobl ac anifeiliaid (o hamdden a phori) (Knox *et al.*, 2015). Yn gyffredinol, mae erydiad a achosir gan ddŵr yn fwy cyffredin nag erydiad gwynt (Owens *et al.*, 2006). Mae'n digwydd yn fwyaf aml ar dir goledfol gyda phridd moel neu orchudd cnwd tenau lle mae adeiladwaith y pridd yn wan ac mae ganddo ansawdd tywodlyd mân neu siltiog bras. Mae presenoldeb cerrig yn lleihau'r perygl o erydiad i ryw raddau gan ei fod yn gallu diogelu wyneb y pridd rhag effaith glaw, a all lacio gronynnau pridd ac arafu'r llif dros y tir ac atal y pridd rhag cael ei ddatgysylltu gan wynt.

Yn aml, mae llethrau mwy serth yn gysylltiedig â phriddoedd mwy bas, gyda llai o gapasiti i gadw dŵr oherwydd disgrychiant a chyda risg uwch o ran dirywiad (erydu) pridd a thirlithriadau (Van Orshoven *et al.*, 2014). Mae pa mor serth yw llethr mewn cyfuniad ag ansawdd pridd yn effeithio ar lefel y risg o erydu pridd gan lif dros y tir (Defra, 2005). Yn gyffredinol, priddoedd tywodlyd ac ysgafn sy'n wynebu'r risg fwyaf o erydiad, hyd yn oed ar lethrau llai serth (2-3°) lle gall cornentydd ddatblygu mewn rhai tymhorau yn ystod cyfnodau gwlyb iawn (Tabl 3). Mewn cymhariaeth, mae'r risg o erydiad ar briddoedd trwm yn is oherwydd bod ganddynt well sefydlogrwydd cynhenid, hyd yn oed pan fo'r llethr yn serth (>7°). Yn ogystal, mae graddiant, ffurf a hyd llethr yn effeithio ar gyfaint a chyflymder llif dros y tir sy'n dylanwadu ar gyfradd/swm y deunydd sydd wedi'i erydu a'i gludo (Knox *et al.*, 2015).

Tabl 3. Risg o erydiad mewn perthynas â pha mor serth yw llethr ac ansawdd y pridd (Defra, 2005).

Pridd	Llethr serth >7°	Llethr cymedrol 3-7°	Llethr llai serth 2-3°	Tir gwastad <2°
Tywod	Uchel iawn ¹	Uchel ²	Cymedrol ³	Is ⁴
Tywod lomog	Uchel iawn	Uchel	Cymedrol	Is
Lom tywodlyd	Uchel iawn	Uchel	Cymedrol	Is
Lom silt tywodlyd	Uchel iawn	Uchel	Cymedrol	Is
Lom silt	Uchel iawn	Uchel	Cymedrol	Is
Lom clai silt	Uchel	Cymedrol	Is	Bach
Priddoedd mwynol eraill	Is	Is	Bach	Bach

⁴ <http://www.hillcotechnologies.com/products.html>

¹Risg uchel iawn: mae cornentydd yn debygol o ffurfio yn y rhan fwyaf o flynyddoedd, a gall rhigolau ddatblygu mewn cyfnodau gwlyb iawn. ²Risg uchel: Mae cornentydd yn debygol o ddatblygu yn y rhan fwyaf o dymhorau yn ystod cyfnodau gwlyb. ³Risg gymedrol: Gwelir gwaddodion yn llifo i ffyrdd, ffosydd neu gyrsiau dŵr, a gall cornentydd ddatblygu mewn rhai tymhorau yn ystod cyfnodau gwlyb iawn. ⁴Risg isel: Anaml y gwelir gwaddodion yn symud, ond gall dŵr ffo lifo i mewn i ffosydd neu gyrsiau dŵr. Risg fach: mae'n annhebygol y bydd unrhyw ddŵr sy'n llifo oddi ar y safle yn afliw.

4.3 Casgliadau o ran graddau ALC ar gyfer llethr

Mae'n amlwg bod llethr tir yn effeithio ar ei addasrwydd ar gyfer cynhyrchiant amaethyddol; yn bennaf drwy'r cyfyngiadau mae llethrau mwy serth yn eu gosod ar fecaneiddio rheoli cnydau ac ar ba mor agored ydynt i erydu pridd. Noder bod yr hen Ddosbarthiad Gallu Defnydd Tir yn argymhell mai dim ond tir gyda llethr o 0-3° a ddosbarthwyd fel Dosbarth 1 ac y dylid categoreiddio tir â llethr mwy cymedrol (3-7°) fel Dosbarth 2 (Bibby a Mackney, 1969). Roedd y graddio mwy cyfyngol o ganlyniad i effeithiau llethr ar ffermio mecanyddol ar yr adeg honno (1960au), ac nid yw'r rhain bellach yn gyfyngiad heddiw. Gall y rhan fwyaf o beiriannau heddiw weithredu'n ddiogel ac yn effeithlon ar lethr o ≤7°. Yn wir, gyda gwelliannau yn nyluniad a phŵer peiriannau, ynghyd â systemau sy'n gwneud gweithio ar lethr yn fwy diogel, gellid cynyddu'r terfyn graddiant ar gyfer ALC gradd 1/2/3a i 8°. Fodd bynnag, mae'r risg o erydu pridd yn uchel lle mae'r llethrau yn >7° a'r pridd yn dywod neu'n silt yn bennaf (h.y. tywod, tywod lomog, lom tywodlyd, lom silt tywodlyd, lom silt a lom clai silt). Gall hyn leihau'r amrywiaeth o gnydau y gellir eu tyfu neu gynyddu costau cynhyrchu'n sylweddol. Ar gyfer priddoedd mwynol eraill, mae'r risg o erydu pridd yn isel, hyd yn oed ar lethr o >7°. Ar y cyfan, o ystyried risgiau diogelwch ac erydu pridd, ni argymhellir newid y graddau ALC yn ôl llethr. Fodd bynnag, argymhellir bod cyfarwyddyd ALC yn nodi'r risg uchel o erydiad ar fathau o bridd ysgafn pan fo graddiant y llethr yn >3°.

5 Natur garegog pridd

Mae priddoedd caregog yn cael eu dosbarthu fel arfer yn ôl y ffraciwn cymharol o ddarnau o greigiau mewn pridd (natur garegog y pridd) wedi'i fynegi fel cyfaint cymharol neu fâs cymharol. Prif effeithiau cerrig yw eu bod yn gweithredu fel rhwystr i drin tir, cynaeafu a thwf cnydau ac yn achosi gostyngiad yng nghynhwysedd dŵr pridd. Mae graddau'r cyfyngiadau yn sgil cerrig yn dibynnu ar eu maint, siâp, caledwch a faint ohonyn nhw sydd. Mae ALC yn pennu terfynau maint ar gyfer cerrig na fyddant yn mynd drwy ogr gyda rhwyll sgwâr 2 neu 6 cm; gall y naill ddosbarth maint neu'r llall fod y mwyaf cyfyngol a phennu'r radd (Tabl 4). Mae terfynau graddau wedi'u pennu ar gyfer cerrig a gedwir ar ogr 6 cm gan eu bod yn cael effaith fwy niweidiol na cherrig llai o faint fel arfer. Mae niferoedd bach o clogfeini neu gerrig mawr y gellir eu codi'n rhwydd yn cael eu hanwybyddu wrth ddyrannu'r radd ALC yn ôl natur garegog. Dylid anwybyddu cerrig sy'n llai na 2 cm hefyd nad ydynt yn effeithio rhyw lawer, os o gwbl, ar drin tir, er y bydd llawer iawn o raeau bach yn gwneud priddoedd yn anaddas i lawer o gnydau gwraidd. Lle mae'r cerrig o litholeg feddal, megis sialc meddal, tywodfeini neu gerrig silt wedi'u smentio'n wan, caiff y terfynau eu gostwng un radd neu is-radd.

Tabl 4. Gradd ALC yn ôl natur garegog

Gradd/is-radd	Canrannau cyfyngol (cyfaint y cerrig caled yn 25 cm uchaf y pridd)	
	<i>Cerrig > 2 cm</i>	<i>Cerrig > 6 cm</i>
1	5	5
2	10	5
3a	15	10
3b	35	20
4	50	35
5	>50	>35

Mae Van Orshoven *et al.* (2014) yn awgrymu bod ansawdd pridd yn cyfyngu'n ddifrifol ar dyfiant cnwd os yw cyfaint y darnau bras o unrhyw fath mewn uwchbridd yn 15% neu'n fwy, gan gynnwys brigiadau craig, clogfeini neu glogfeini mawr. Yn yr un modd, y terfyn ar gyfer tir gradd 3a yw 15% (yn ôl cyfaint yn 25 cm uchaf y pridd) ar gyfer cerrig >2 cm, er mai dim ond 10% yw'r gwerth terfyn ar gyfer cerrig mwy o faint.

5.1 Gweithredu peiriannau

Bydd nifer fawr o gerrig yn atal troi pridd ac mae cerrig bach yn treulio offer troi pridd, yn difrodi offer trin tir a chynaeafu ac yn gallu effeithio ar dwf cynydau, yn fwyaf arbennig ar gyfer gwreiddgnydau megis tatws a moron. Gall costau cynhyrchu gael eu cynyddu hefyd oherwydd y traul ychwanegol ar offer. Yn ogystal, gall y broses o sefydlu cynydau fod yn wannach mewn priddoedd caregog, ac mae'n bosibl y bydd ansawdd y cnwd yn salach o ganlyniad i rwystr i wreiddio, gan arwain at sefydliad gwael ac at gymeriant maetholion a dŵr cyfyngedig. Mae gwreiddgnydau'n arbennig o agored i ddifrod ar briddoedd caregog. Er enghraifft, gall moron ddatblygu'n ddi-siâp (e.e. yn fforchog) wrth iddyn nhw dyfu o amgylch cerrig, gall cynydau megis courgettes gael eu difrodi gan gerrig ar wyneb y pridd a gall tatws gael eu cleisio wrth gynaeafu. Mae anafiadau i gloron tatws yn lleihau ansawdd cloron ac yn cynyddu pydredd storio (Saini a Grant 1980).

Ar gyfer gwreiddgnydau, bydd angen gwahanu a chladdu cerrig er mwyn osgoi difrod i wreiddiau a chamffurfiad. Gwahanu cerrig yw'r broses o godi cerrig o'r cefnennau a ffurfiwyd, a'u claddu rhwng rhesi bob yn ail. Mae hyn yn lleihau difrod i gloron wrth gynaeafu yn sylweddol, ac yn cynyddu allbwn cynaeafwyr yn fawr⁵. Gall cerrig bach gael eu codi'n rhwydd drwy waredu cerrig, cyn belled nad ydynt yn fwy na 10% (cyfaint) Nid yw priddoedd â >15% o gerrig >6 cm mewn diamedr yn y 25 cm uchaf o bridd yn addas ar gyfer cynhyrchu tatws (Knox *et al.*, 2011). Yn yr un modd, mae priddoedd gyda llawer iawn o raeon na ellir cael gwared ohono yn anaddas.

5.2 Capasiti dŵr sydd ar gael

Mae cerrig yn lleihau cyfaint y pridd y gall gwreiddiau ei ddefnyddio'n uniongyrchol, gan leihau'r capasiti dal dŵr a'r cyflenwad maetholion. Felly, wrth i gynnwys cerrig mewn pridd gynyddu, bydd cynnydd cydamserol mewn sychder. Mae Van Orshoven *et al.* (2014) yn adrodd bod >15% o ddarnau bras (a ddiffinnir fel >2 mm) yn lleihau capasiti dal dŵr o leiaf 40%, gan waethygu sychderau tymhorol yn y rhan fwyaf o hinsoddau Ewropeaidd. Yn fwy diweddar, dywedodd Hlaváčiková *et al.* (2018) fod presenoldeb darnau o greigiau mewn pridd cymedrol-i-garegog yn gostwng y stôr dŵr pridd 23% neu fwy ac yn effeithio ar ddeinameg dŵr y pridd. Mewn cyferbyniad, gall y gallu i gadw dŵr yn y pridd gynyddu'n sylweddol gyda mwy a mwy o gerrig yn arddangos mandylledd uchel megis gyda sialc (Parajuli, 2018).

Gall darnau bras helpu i awyru a gwresogi'r pridd drwy amsugno egni o'r haul, darparu llwybrau ar gyfer mynediad cyflym i ddŵr ac arafu dŵr ffo (Van Orshoven *et al.*, 2014). Roedd cyfundrefnau thermol pridd caeau'n dangos bod tymheredd y pridd yn cynyddu gyda chynnwys darnau bras cynyddol (Chow *et al.*, 2007). Mae sensitifrwydd i erydiad yn cynyddu yn sgil codi cerrig o briddoedd e.e. codi cerrig ar gyfer tyfu tatws (Boardman, 2013). I'r gwrthwyneb, wrth i briddoedd fynd yn fwy caregog drwy erydiad tymor hir, maent yn dod yn fwy sefydlog ac yn llai agored i golli pridd.

Mae'r gwerthoedd awgrymedig ar gyfer y dŵr sydd ar gael mewn gwahanol graig a gyhoeddwyd yn ALC yn amhendant ac yn seiliedig ar dystiolaeth gyfyngedig (MAFF, 1988). Roedd cyfanswm y dŵr oedd ar gael mewn cerrig a chreigiau yn amrywio o 1% (creigiau neu gerrig caled) i 10% (sialc neu gerrig sialc); ar gyfer yr un mathau o greigiau, mae'r dŵr sydd ar gael yn rhwydd yn amrywio o 0.5 i 7% (MAFF, 1988). Yn fwy diweddar, dadansoddodd Tetegan *et al.*, 2011, tua 1,900 o samplau

⁵ <https://www.teagasc.ie/crops/crops/potatoes/agronomy-potatoes/planting-and-cultivation/>

cerigos/graeon o wahanol leoliadau, yn bennaf yn rhan ganolog Ffrainc, i bennu priodweddau ffisegol a hydric. Cyfrifwyd y cynnwys dŵr a oedd ar gael ym mhob cerigyn drwy ddefnyddio'r gwahaniaeth rhwng y cynnwys dŵr ar gapasiti cae a'r cynnwys dŵr ar y pwynt gwywo. Cynnwys dŵr y gwahanol fathau o greigiau ar gapasiti cae oedd: sialc (21%), cornfaen (13%), fflint (6%), gaize (31%) a chalchfaen (9%). Roedd y cynnwys dŵr ar gapasiti cae (Wfc) yn agos iawn at y cynnwys dŵr yn -100 hPa (W-100); defnyddiwyd perthynas linol rhwng W-100 a W-15840 (pwynt gwywo) i gael y cynnwys dŵr oedd ar gael yn y graig. Er enghraifft, cyfrifwyd mai 14% oedd AWC sialc. Yn ogystal, mae Rempe a Dietrich (2018) wedi awgrymu bod craigwely sydd wedi hindreulio'n ddwfn sy'n gallu storio lleithder sydd ar gael i blanhigion yn gyffredin ond heb ei feintoli. Adroddwyd bod hyd at 27% o'r glawiad blynyddol ar safle yng ngogledd California yn cael ei storio fel lleithder creigiau (a ddiffinnir fel: y dŵr cyfnewidiol sydd wedi'i storio yn y parth annirlawn o graig wedi'i hindreulio).

5.3 Casgliadau o ran graddau ALC ar gyfer natur garegog

Er y gall AWC rhai cerrig fod yn >10% (e.e. sialc), mae llawer o gerrig caled yn annhebygol o gyfrannu'n sylweddol at y dŵr sydd ar gael mewn pridd gan nad ydynt yn cynnwys mandyllau sy'n gallu dal dŵr. Er hynny, mae rhywfaint o ymchwil mewn gwledydd eraill (e.e. Tetegan *et al.*, 2011; Rempe a Dietrich, 2018 a adroddwyd uchod) wedi awgrymu y gallai AWC rhai mathau o greigiau fod yn uwch na'r hyn a adroddwyd gan MAFF (1988), ond nid yw hyn wedi'i fesur ar gyfer creigiau yng Nghymru. Ar hyn o bryd, nid oes digon o dystiolaeth i ddiweddarau'r gwerthoedd AWC ar gyfer creigiau a restrir yn y canllawiau ALC. Hefyd, nid oes unrhyw sail resymegol dros awgrymu bod effeithiau negyddol cerrig ar drin tir, cynaeafu ac ansawdd cnydau wedi lleihau ers 1988. Am y rhesymau hynny, argymhellir na ddylid newid y graddau ALC yn ôl natur garegog pridd.

6 Dyfnder pridd

Mae dyfnder pridd yn effeithio ar allu pridd i weithredu ac mae'n benderfynydd uniongyrchol ac anuniongyrchol pwysig o ran cynhyrchiant cnydau. Gall priddoedd bas gyfyngu'n ffisegol ar dwf gwreiddiau, gan leihau sefydlogrwydd planhigion a chynyddu'r perygl o gnwd yn cwmpo ar ei orwedd. Mae cnydau'n ymateb yn anuniongyrchol i ddyfnder pridd hefyd drwy argaeledd (neu fel arall) adnoddau hanfodol megis dŵr, ocsigen a maetholion, sydd hefyd yn cael eu pennu gan ddyfnder pridd.

Mae dyfnder troi pridd safonol yn 15-25 cm fel arfer fel y bydd gan briddoedd sy'n fwy bas na'r dyfnder hwn opsiynau cnydio cyfyngedig. Rhoddir dyfnderoedd cyfyngol yn yr ALC ar gyfer pridd sy'n gorwedd ar ben craig wedi'i chyfnerthu neu graig ddarniog na all offer trin tir dreiddio iddynt (Tabl 5). Er cymhariaeth, rhoddir y dyfnderoedd pridd a ddefnyddir yn y Dosbarthiadau Gallu Defnydd Tir (LUC) yn Seland Newydd yn Nhabl 6; mae lleiafswm dyfnder pridd ar gyfer LUCs 2 a 3 yn debyg yn fras i'r rhai yng ngraddau 2 a 3b ALC.

Tabl 5. ALC, dyfnderoedd cyfyngol ar gyfer pridd sy'n gorwedd ar ben craig wedi'i chydnerthu neu graig ddarniog (MAFF, 1988)

Gradd/Is-radd	Terfynau dyfnder (cm)
1	≥60
2	≥45
3a	≥30
3b	≥20
4	≥15
5	<15

Tabl 6. Dosbarth Gallu Defnydd Tir Seland Newydd (Lynn *et al.*, 2009).

Dosbarth Tir	Defnydd	Dyfnder (cm)	pridd	Disgrifiad
1		>90		Dwfn
2		45-90		Cymedrol
3		20-45		Bas
4-8		<20		Bas iawn

6.1 Dyfnder y pridd a'r dŵr sydd ar gael

Bydd dŵr yn darwagio'n gyflym o ddyfnderoedd bas ac mae dyfnder pridd yn ffactor pwysig wrth bennu'r capasiti dŵr sydd ar gael (AWC). Gellir diffinio AWC fel y dŵr sydd ar gael i gynnal twf planhigion. Mae'n golygu'r gwahaniaeth rhwng y cynnwys dŵr yn y pridd ar gapasiti cae (y pwynt pan fydd yr holl fandyllau sy'n draenio o dan ddisgyrchiant yn wag) a'r pwynt gwywo parhaol (h.y. y pwynt lle na all gwreiddiau planhigion echdynnu dŵr o'r pridd) (ADAS, 2007). Mae faint o ddŵr sydd ar gael mewn pridd yn amrywio yn ôl nifer a maint y mandyllau yn y pridd a reolir gan gyflwr strwythurol, ansawdd a chynnwys deunydd organig y pridd. Cyfanswm AWC yw'r AWC cyfartalog (h.y. y dŵr sydd mewn pridd rhwng sugnedd 0.05 a 15 bar a 0.10 a 15 bar ar gyfer tir tywodlyd lomog) ar gyfer pob haenlin yn dibynnu ar wead yr haen, faint o gerrig sydd ynddi, trwch yr haenlin a dyfnder y gwreiddiau. Mae pridd bas dros graig wedi'i chyfnerthu neu graig ddarniog (ac eithrio sialc) yn annhebygol o ddal digon o ddŵr i ddiwallu galw cynydau pan fo'r trydarthiad yn fwy o lawer na'r dyddodiad e.e. yn ystod misoedd yr haf, a phan fo angen dŵr ychwanegol o lawiad yn yr haf neu ddyfrhau i gynnal twf y cnwd.

Mae'r capasiti dŵr sydd ar gael yn rhwydd mewn pridd (h.y. cynnwys dŵr pridd rhwng sugnedd 0.05 a 2 bar a 0.10 a 2 bar ar gyfer tir tywodlyd lomog) yn cael ei ddefnyddio yn yr ALC i gyfrif am ostyngiad yng ngallu gwreiddiau i dynnu dŵr mor effeithlon ar ddyfnder yn y pridd. Mae ansawdd pridd yn bwysig hefyd, gyda phriddoedd tywodlyd bas yn dal llai o ddŵr na phriddoedd lomog o'r un dyfnder (Tabl 7).

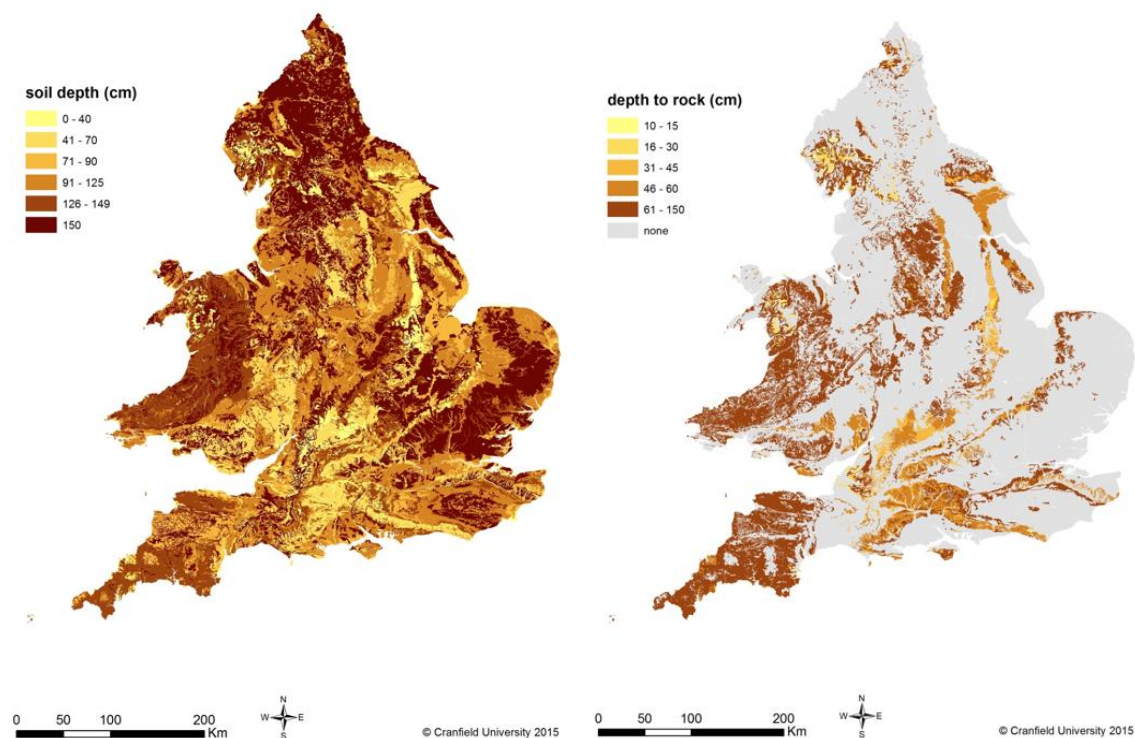
Tabl 7. Cynhwysedd storio dŵr sydd ar gael mewn pridd yn ôl dosbarth ansawdd⁶

Dosbarth Ansawdd	Y cynhwysedd storio dŵr sydd ar gael (mm dŵr/m pridd)
Clai	200
Lom clai	200
Lom silt	208
Lom clai	200
Lom	175
Lom tywodlyd mân	142
Lom tywodlyd	125
Tywod lomog	100
Tywod	83

⁶ http://www.droughtmanagement.info/literature/BC_MA_Soil_Water_Storage_Capacity_2005.pdf

6.2 Mesuriadau gwahanol o ddyfnder pridd

Mae cyfanswm dyfnder pridd yn cael ei ddiffinio'n aml fel dyfnder y pridd i'r rhiant-ddeunydd. Fodd bynnag, o safbwynt cynhyrchiant, mae system wreiddiau planhigion angen dyfnder pridd effeithiol hefyd ar gyfer chwilio am ddŵr a maetholion h.y. ei ddyfnder gweithio (Rickson *et al.*, 2012). Mae dyfnder pridd effeithiol yn is na chyfanswm dyfnder pridd a gall gael ei gyfyngu gan y dyfnder i greigiau, haenlin araf athraidd, glei neu gletir haearn; mae cyfanswm dyfnder pridd a dyfnder i graig yn cael eu cymharu yn Ffigur 4.



Ffigur 4. a) cyfanswm pridd a b) dyfnder pridd i graig (dim: dim craig yn bresennol ar ddyfnder o hyd at 150 cm). Ffynhonnell: Rickson *et al.* (2017).

Mae dyfnder effeithiol yn ymwneud â thwff planhigion ac mae'n cael ei ddiffinio fel y pellter fertigol i mewn i'r pridd o'r wyneb i haen na all gwreiddiau planhigion dyfu i lawr drwyddi (craig, haen wedi'i chywasgu, cletiroedd a chletiroedd aredig). O ran swyddogaethau hydrolegol pridd, mae ei ddyfnder effeithiol yn amrywio'n dymhorol. Mae dyfnder gwreiddiau'n diffinio dyfnder pridd, gan ystyried unrhyw beth sy'n rhwystro'r gwreiddiau rhag ymestyn. Mae'r rhan fwyaf o gnydau yn gwreiddio i tua 1 metr, er y dangosodd Fan *et al.* (2016) fod o leiaf hanner biomas gwreiddiau pob cnwd yn yr 20cm uchaf o'r pridd ((Tabl 8).

Tabl 8. Ystod dyfnder gwreiddiau (cm) (Fan *et al.* 2016)

Cnwd	50% o wreiddiau	95% o wreiddiau	Dyfnder mwyaf
Gwenith	17	104	300
Indrawn	14	89	240
Ceirch	11	78	180
Haidd	12	97	170
Cnydau codlysiau	15	84	100-180
Cnydau had olew	9	107	160-180

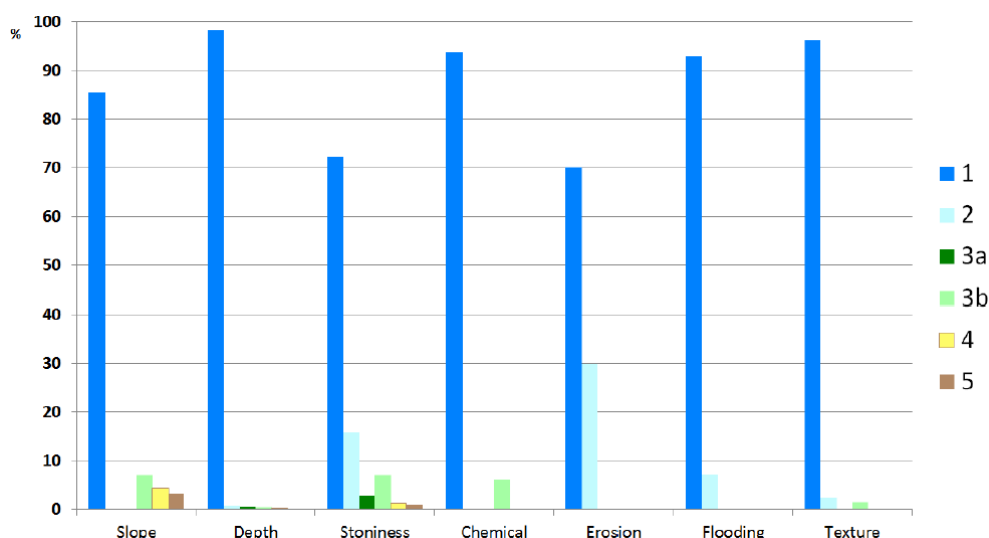
6.3 Casgliadau o ran graddau ALC ar gyfer dyfnder pridd

Mae Van Orshoven *et al.* (2014) yn awgrymu dau ddyfnder pridd cyfyngol o ≤ 15 cm (cyfyngiadau difrifol iawn) a ≤ 30 cm (cyfyngiadau difrifol), Tabl 9. Mae'r dyfnder cyfyngol difrifol o 30 cm a gynigir gan Van Orshoven *et al.* (2014) yn cyfateb i'r gwerthoedd terfyn ar gyfer ALC gradd 3a; ni all unrhyw bridd â dyfnder o < 30 cm gael ei raddio fel BMV. Yn yr un modd, mae Rickson *et al.* (2012) yn awgrymu y gellir gwahaniaethu rhwng dau ddyfnder pridd: y dyfnder pridd critigol a hanfodol. Y dyfnder critigol yw'r terfyn ar gyfer trin tir, a'r dyfnder hanfodol yw'r terfyn ar gyfer twf planhigion. Maent yn diffinio'r dyfnder critigol fel dyfnder y pridd lle mae'r gorchudd planhigion yn cyflawni gwerthoedd uwch na 40%, yr adroddwyd ei fod rhwng 25-30 cm. Mae'r dyfnder hanfodol yn llawer is ac yn dibynnu ar y rhiant-ddeunydd y ffurfiwyd y pridd arno. Eto mae dyfnder critigol o 25-30 cm yn cyd-fynd â'r gwerth ar gyfer ALC gradd 3a.

Tabl 9. Cyfyngiadau o ran dyfnder gwreiddio ffisegol. Ffynhonnell: Van Orshoven *et al.*, 2014.

Dyfnder ffisegol	gwreiddio	Cyfyngiad
≤ 15 cm		Mae troi pridd arferol yn amhosibl a bydd cyfnodau sych byr yn achosi straen dŵr difrifol.
≤ 30 cm		Mae straen dŵr yn debygol o godi yn y rhan fwyaf o amgylcheddau gyda chnwd sy'n tyfu'n weithredol. Mae'r dyfnder pridd hwn yn cyfyngu'n ddifrifol ar dwf cnydau.

Wrth ystyried y radd ALC yn ôl dyfnder y pridd, dylid nodi y byddai'r rhan fwyaf o briddoedd yn ALC Gradd 1, o'u dosbarthu yn ôl dyfnder yn unig. Gan ddefnyddio data o gofnodion y National Soil Inventory a'r Swyddfa Dywydd (1921-2000) ar baramedrau hinsawdd, pridd a safle, nododd Keay *et al.* (2013) mai llethr oedd y ffactor mwyaf cyfyngol ar $< 1\%$ o safleoedd ac y byddai $> 95\%$ o safleoedd yng Ngradd 1 ar gyfer dyfnder pridd (h.y. ≥ 60 cm), (Ffigur 5). Yn ogystal, yn ôl Rickson *et al.* (2012), lle'r oedd priddoedd bas (< 30 cm o ddyfnder) yn dominyddu'r gyfres bridd, roedd y cysylltiadau hyn yn cyfrif am oddeutu 2% o arwynebedd tir Cymru a Lloegr).



Ffigur 5. Cyfran y tir yng Nghymru a Lloegr sydd wedi'i neilltuo i bob gradd ALC ar gyfer ffactorau nad ydynt yn hinsoddol. Ffynhonnell: Keay *et al.*, 2013.

Gellir ystyried dyfnder pridd yn nodwedd pridd gynhenid sy'n annhebygol o newid, er y gall erydiad a newid mewn defnydd tir arwain at dynnu'r pridd uchaf a lleihau cyfanswm dyfnder y pridd. Gall

cywasgu pridd oherwydd traffig cerbydau neu anifeiliaid achosi gostyngiadau bach yn nyfnder pridd dros amser. Fodd bynnag, o ystyried natur gynhenid dyfnder y pridd a'r nifer fach o briddoedd lle mae dyfnder y pridd yn llai na <60 cm (y terfyn ar gyfer ALC Gradd 1 ar gyfer dyfnder pridd), ni argymhellir unrhyw newidiadau i gategoriâu gradd ALC.

7 Dosbarthiad maint gronynnau

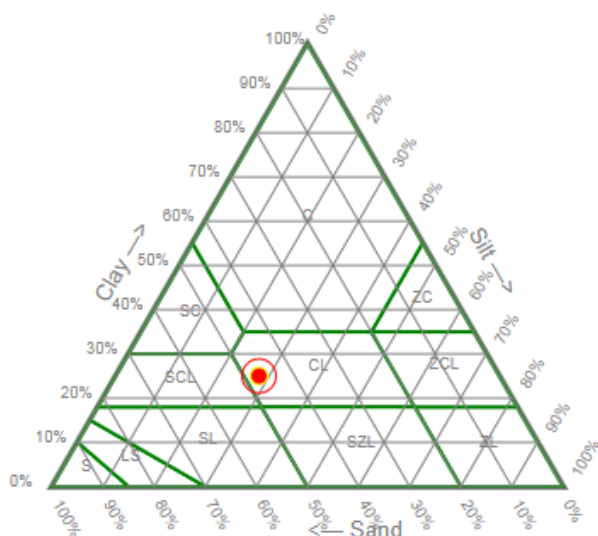
Mae ansawdd a strwythur pridd yn cael dylanwad mawr ar gadw dŵr, symudiad dŵr ac awyru mewn priddoedd, ac felly pa mor addas yw'r tir i weithio arno, ei allu i wrthsefyll traffig, risg sathru ac addasrwydd fel cyfrwng ar gyfer twf planhigion (MAFF, 1988). Mae'r dosbarth ansawdd pridd yn cael ei bennu gan gyfrannau cymharol y tywod a'r gronynnau silt a chlai a chyfanswm y deunydd organig mewn pridd. Gall gael ei fesur mewn labordy drwy ddadansoddiad maint gronynnau neu yn y cae drwy ansawdd â llaw. Mae ffracsiynau maint gronynnau sy'n cael eu defnyddio yn y DU i bennu ansawdd pridd i'w gweld yn Tabl 10 isod.

Tabl 10. Ffracsiynau maint gronynnau ALC

Ansawdd	Ffracsiynau maint gronynnau (mm)
Clai	<0.002
Silt	0.002-0.06
Tywod*	0.06-2.0

*Gellir is-rannu'r tywod yn ffracsiynau maint mân: 0.06-0.2 mm, canolig: 0.2-0.6 mm a bras: 0.6-2.0 mm.

Mae'r dosbarthiadau ansawdd mwynau a ddefnyddir ar gyfer ALC wedi'u diffinio yn ôl y triongl ansawdd pridd, sy'n seiliedig ar fylchau dosbarth ansawdd hen Arolwg Pridd Cymru a Lloegr. Mae 11 o ddsbarthiadau mawr ar gyfer pridd mwynol, a ddiffinnir gan gyfrannau cymharol clai, silt a thywod yn y pridd (Ffigur 6).



Ffigur 6. Triongl ansawdd pridd: amcangyfrifwr dosbarth maint gronynnau (ar gael ar-lein yn <http://www.landis.org.uk/services/tools.cfm>)

Dylid nodi nad yw'r grwpiau dosbarthu ffractsiynau maint gronynnau yn gyson ledled y byd, ac mae'r pwyntiau terfyn rhwng gwahanol gategoriau maint gronynnau'n amrywio. Er enghraifft, mae gan yr US Soil Survey y pwyntiau terfyn canlynol ar gyfer clai: <0.002, silt: 0.002-0.05, tywod: 0.05-<2.0 mm, gyda grwpiau wedi'u his-rannu ymhellach i ddau grŵp clai/silt (mân neu fras) neu bum grŵp tywod (mân iawn, mân, canolig, bras neu fras iawn).

Ar gyfer ALC, mae graddio yn ôl gwlybanaeth pridd yn gofyn am asesiad yn seiliedig ar ddosbarth gwlybanaeth, diwrnodau cynhwysedd caeau ac ansawdd pridd y 25 cm uchaf. Mae dosbarthiadau gwlybanaeth yn cael eu his-rannu ymhellach i bedwar grŵp yn ôl ansawdd pridd yn seiliedig ar hwylustod trin y tir:

1. Tywod, tywod lomog, lom tywodlyd a lom silt tywodlyd;
2. Lom silt, lom clai silt canolig, lom clai canolig a lom clai tywodlyd,
3. Lom clai silt trwm a lom clai trwm
4. Clai tywodlyd, clai silt a chlai.

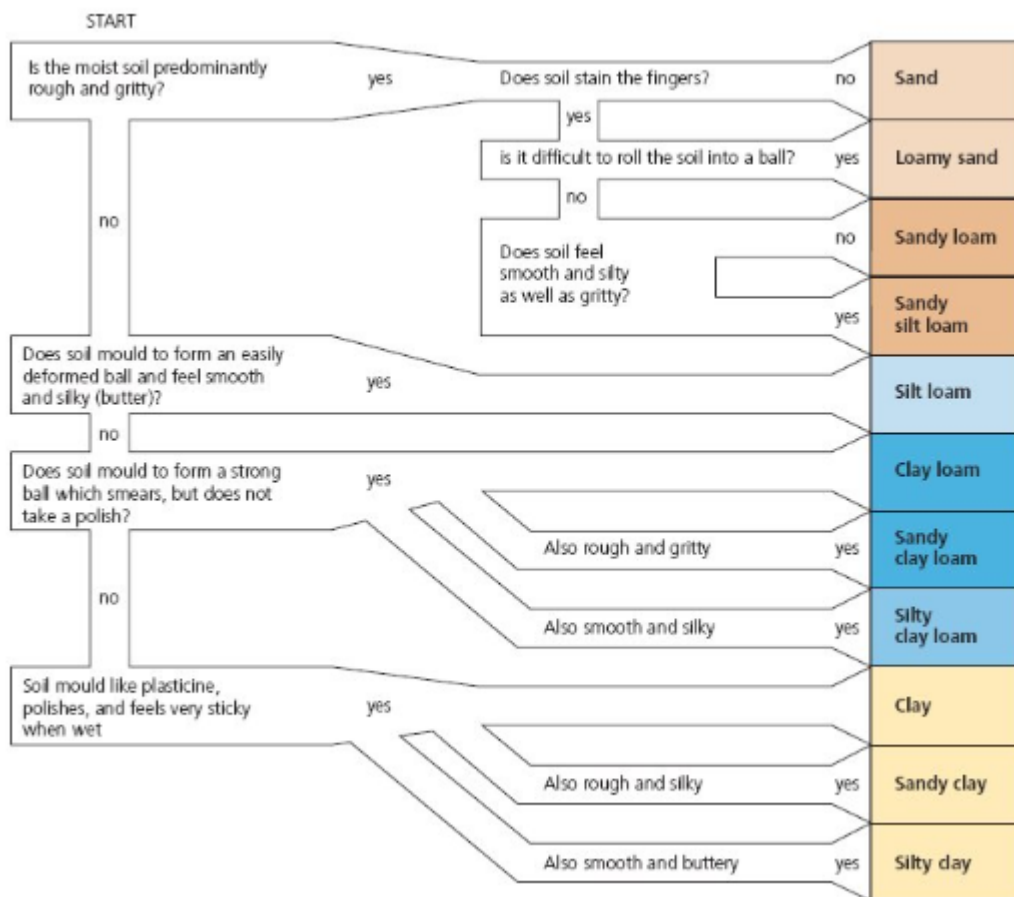
Noder: mae gan is-ddosbarthiadau canolig o lom clai a chlai silt <27% o gynnwys clai.

Mae ansawdd yn baramedr allweddol ar gyfer amcangyfrif y capasiti dŵr sydd ar gael mewn proffil pridd hefyd. Mae priddoedd tywodlyd brasach yn agored iawn i straen sychder mewn cyfnodau sych. Nid yw priddoedd sydd ag uwchbriddoedd tywod yn gymwys ar gyfer ALC graddau 1, 2 neu 3a ac nid yw'r rhai sydd ag uwchbriddoedd tywod lomog yn gymwys ar gyfer Gradd 1 sy'n adlewyrchu eu gallu dal dŵr isel.

7.1 Teimlo ansawdd â llaw i asesu ansawdd pridd

Er mwyn mesur dosbarthiad maint gronynnau'n gywir, mae angen dadansoddiad labordy ond gall hyn fod yn llafurus ac yn ddrud. Fodd bynnag, gall asesiad o ansawdd pridd gael ei wneud yn y cae â llaw, er bod dadleuon am gymaroldeb ansawdd labordy ac ansawdd â llaw yn parhau (gweler Adran 7.3 am fanylion). Mae hyn yn gofyn am faint llwy bwdin o bridd llaith⁷ sy'n cael ei dylino nes bod briwsion pridd yn cael eu torri i lawr a bod modd pennu ansawdd y pridd drwy deimlad y pridd gan ddefnyddio'r allwedd yn Ffigur 7.

⁷ Mae angen digon o leithder i ddal y pridd at ei gilydd ac i ddangos pa mor ludiog ydyw.



Ffigur 7. Canllawiau ar gyfer asesu ansawdd pridd â llaw (Ffynhonnell: AHDB (2017)).

7.2 Methodoleg maint gronynnau

Mae pridd yn cynnwys gronynnau o wahanol siapiau a meintiau; nod y dadansoddiad maint gronynnau (PSA) yw grwpio'r gronynnau'n ddosbarthiadau maint a phennu cyfran gymharol yn ôl pwysau pob ffracsiwn maint gronynnau i fesur y dosbarthiad maint gronynnau (PSD). Ni all dulliau mesur PSD fod yn feincnod cyffredinol gan fod pob dull (e.e. gwaddodiad, gogr a diffreithiant laser) yn dioddef o dueddiadau cynhenid yn seiliedig ar siâp gronynnau, natur sfferig, dwysedd, cyfansoddiad cemegol a dulliau cyn trin (Eshel, *et al.*, 2004).

7.2.1 Dulliau gwaddodiad

Mae gwaddodiad mewn dŵr wedi'i ddefnyddio fel techneg labordy i wahanu pridd i feintiau gronynnau gwahanol ers blyneddau lawer. Fel arfer, mae gwaddodiad yn cael ei ragflaenu gan hidlo gwlyb sy'n ceisio gwahanu gronynnau o faint tywod (0.06-2.00 mm) o ronynnau silt a chlai. Mae dwy dechneg gwaddodiad eang ar gyfer PSA pridd wedi cael eu datblygu gan ddefnyddio Cyfraith Stokes, sy'n disgrifio pa mor gyflym y bydd gronyn yn setlo fel swyddogaeth o'i ddiamedr a phriodweddau'r hylif y mae'n setlo ynddo. Y ddau ddull yw'r dull gogr-pibed sy'n mesur crynodiad pwysau a'r dull gogr-hydromedr sy'n mesur dwysedd y daliant (Fisher *et al.*, 2017). Rhagdriniaeth briodol a ddefnyddir fel arfer cyn gwaddodi yw cael gwared ar ddeunydd organig a charbonadau a gwasgaru agregau pridd. Mae'r ddau ddull yn gymharol lafurus ac yn dibynnu ar y gweithiwr labordy i gyflawni'r dadansoddiad yn gywir.

7.2.1.1 Dull pibed

Derbynnir y dull pibed fel y'i disgrifir yn ISO 11277:2009 mewn llawer o wledydd fel y dull cyfeirio swyddogol ar gyfer mesur PSD. Mae'r dull pibed yn seiliedig ar gymryd is-sampl fach gan ddefnyddio pibed o ddyfnder penodedig ar adeg benodol o sampl lle mae'r holl ronynnau sydd yn >0.06 mm wedi'u dileu.

Yn y dull MAFF/ADAS (1982), mae'r deunydd organig mewn pridd yn cael ei dynnu yn gyntaf gan ocsidiad gyda hydrogen perocsid fel a ganlyn. Mae tua 10 g o bridd wedi'i sychu yn yr aer (wedi'i falu i basio drwy rwyll 2 mm) yn cael ei ychwanegu at ficer y mae hydoddiant hydrogen perocsid yn cael ei ychwanegu ato ynghyd ag ambell ddiferyn o ocatan-2-ol ac yn cael ei adael dros nos ar dymheredd ystafell. Yna, caiff y bicer ei roi ar blât poeth a chaiff mwy o hydrogen perocsid ei ychwanegu nes bod yr adwaith yn stopio. Yna, caiff tua hanner yr hylif ei anweddu (drwy gynyddu tymheredd y plât poeth) cyn i'r sampl gael ei oeri. Yna, mae'r hylif wedi'i oeri'n cael ei allgyrchu a'r uwchwaddod yn cael ei waredu; Cedwir y gweddillion ar gyfer ffracsiynu.

Mae adweithydd gwasgaru (sodiwm heksametaffosffad a sodiwm carbonad anhydus) yn cael ei ychwanegu at y pridd sydd wedi'i drin â pherocsid (y gweddillion o'r allgyrchydd) a'i ysgwyd dros nos. Yna, mae'r gweddillion yn cael eu hidlo (0.063 mm) a'u golchi cyn anweddu i sychder (plât poeth a ffwrn). Mae'r gweddillion sych yn cael eu pasio drwy nyth o ogra (0.6, 0.212, 0.063 mm a derbynnydd) a'u hysgwyd am 15 munud. Yna, ceir pwysau gweddillion ym mhob gogr (sy'n cyfateb i'r cynnwys tywod bras, canolig a mân, yn y drefn honno) (ar ôl sychu ac oeri mewn sychiadur). Caiff gweddillion o'r derbynnydd eu gwanhau â dŵr a'u gadael dros nos ar dymheredd hysbys. Yna, caiff y sampl ei droi am 30 eiliad cyn i'r amseru gychwyn. Defnyddir pibed i gymryd sampl cychwynnol ac yna ail samplau (ar ddyfnder o 9 cm) ar ôl, er enghraifft, 4 munud 19 eiliad a 7 awr 12 munud ar 20°C (mae amseroedd samplu'n amrywio yn ôl dyfnder y sampl a thymheredd y labordy). Mae samplau'n cael eu hanweddu ar blât poeth cyn eu sychu yn y ffwrn, eu hoeri mewn sychiadur a'u pwysu. Mae'r ffracsiynnau maint mawr canlynol yn glai (<0.002 mm) o'r sampl a gymerwyd ar ôl >7 awr, silt (0.002-0.063 mm) o'r sampl a gymerwyd ar ôl >4 awr a thywod (0.063-2 mm) o'r sampl wedi'i hidlo.

7.2.1.2 Dull hydromedr

Fel arfer, bydd y sampl yn cael ei wasgaru gan ddefnyddio'r un fethodoleg a ddisgrifiwyd ar gyfer y dull pibed (h.y. gwasgariad cemegol gyda sodiwm heksametaffosffad). Gan nad yw deunydd organig yn cael ei waredu cyn gwasgaru, nid yw'r dull yn addas ar gyfer samplau sydd â lefelau uchel o ddeunydd organig; yn ôl Jensen *et al.* (2017), pan oedd cynnwys SOM yn $\geq 2\%$, roedd y dull hydromedr yn tanamcangyfrif y cynnwys clai ac roedd yr ansicrwydd yn cynyddu wrth i'r cynnwys SOM gynyddu. Ar ôl gorffen ei ysgwyd, caiff y sampl ei droi am 20-30 eiliad arall cyn i'r hydromedr gael ei drochi yn y sampl ar ôl tua 40 eiliad. Cymerir rhagor o ddarlleniadau hydromedr ar ôl 240 a 360 munud (er bod yr amseroedd yn amrywio yn dibynnu ar y ffracsiwn maint sy'n cael ei fesur). Cymerir darlleniad o ddodiant gwag yr un pryd ag o'r daliant pridd (defnyddir hwn yn y cyfrifiad terfynol o ffracsiynnau maint gronynnau).

7.2.2 Dull diffreithiant laser

Mae'r dull diffreithiant laser (LDM) yn ddull optegol anuniongyrchol sy'n cael ei ddefnyddio i fesur y dosbarthiad maint gronynnau yn ôl gwasgariad tonnau electromagnetig ar y gronynnau. Mae'n seiliedig ar yr egwyddor bod gronynnau sy'n mynd drwy baladr laser wedi'i ffocysu ar bwynt penodol o amser yn gwasgaru golau ar ongl sy'n uniongyrchol gysylltiedig â'u maint. Mae'r ongl diffreithiant yn cyfateb i faint gronynnau.

Mae ISO 13320:2009 yn darparu canllawiau ar LDM ar gyfer PSA, ond nid yw'n mynd i'r afael â gofynion manwl mesur maint gronynnau o ddeunyddiau penodol. Mae'r Safon Ryngwladol yn darparu canllawiau ar offeryniaeth a mesuriadau dosbarthu maint ar gyfer llawer o systemau dau gam (e.e. powdrau, chwistrellau, erosolau ac ati) drwy ddadansoddiad o'u priodweddau gwasgaru golau. Mae'r

Safon Ryngwladol yn berthnasol i feintiau gronynnau sy'n amrywio o tua 0.0001 mm i 3 mm, sy'n cwmpasu'r ffracsiynau maint a ddefnyddir yn y DU i bennu ansawdd pridd (h.y. amrediad o <0.002 mm (clai) hyd at 2 mm (tywod)) . Ar gyfer gronynnau nad ydynt yn sfferig, caiff dosbarthiad maint ei adrodd lle mae'r patrwm gwasgaru a ragwelir ar gyfer y swm cyfeintiol o ronynnau sfferig yn cyfateb i'r patrwm gwasgaru a fesurwyd. Mae hyn oherwydd bod y dechneg yn rhagdybio siâp gronynnau sfferig yn ei fodel optegol. Mae'r dosbarthiad maint gronynnau a geir o ganlyniad yn wahanol i'r hyn a geir drwy ddulliau sy'n seiliedig ar egwyddorion ffisegol eraill (e.e. gwaddodiad, hidlo).

Nid oes techneg safonol ar gyfer paratoi sampl pridd ar gyfer diffreithiant laser, er bod camau uwchsaïn (cymhwyso ynni sonig amledd uchel i wasgaru agregau) a thoddiant sodiwm hecsametaffosffad yn cael eu defnyddio'n eang. Cymharodd Özer ac Orhan (2015) dri dull cyn trin: 1) uwchsaïn yn unig, 2) uwchsaïn a sodiwm hecsametaffosffad a 3) sodiwm hecsametaffosffad cyn trin a thriniaeth uwchsaïn i ddilyn. Daeth yr awduron i'r casgliad y cafwyd y gwasgariad gorau o'r drydedd driniaeth, a arweiniodd at fesuriadau'n dangos cynnwys clai uwch nag ar gyfer y dulliau eraill; priodolwyd hyn i wahaniad gwell o'r gronynnau clai mân o'r gronynnau brasach drwy'r dull gwasgaru mwy egniol.

Yn ystod y mesuriadau, dylai'r offeryn LD fod wedi'i leoli mewn amgylchedd glân heb sŵn trydanol, dirgryniad mecanyddol, amrywiadau mewn tymheredd gan osgoi golau haul uniongyrchol a drafftiau. Gellir defnyddio unrhyw hylif optegol dryloyw addas o fynegai plygiannol hysbys. Dylid gwirio'r sampl cyn dadansoddi i sicrhau bod y gronynnau wedi'u gwasgaru'n ddigonol. Dylai'r crynodiad gronynnau yn y parth mesur fod yn ddigon uchel i gynhyrchu signal digonol ond yn ddigon isel i sicrhau nad yw'r gwasgaru lluosog yn arwyddocaol i'r canlyniad o ran maint gronynnau. Yn gyffredinol, effaith gwasgaru lluosog yw cynyddu'r ongl wasgaru ac, felly, newid y canlyniadau dosbarthu maint i feintiau llai.

Dylid gwneud mesuriad gwag cyn asesu'r samplau pridd i wirio gosodiad yr offeryn ac i dynnu oddi wrth y mesuriadau a gymerwyd o'r samplau pridd. Yn ogystal, dylid defnyddio samplau o ddeunydd cyfeirio i gadarnhau bod yr offeryn yn gweithio'n gywir.

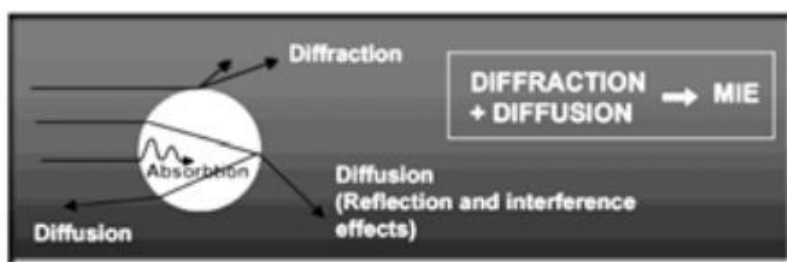
Mae'r paladr laser yn cael ei basio drwy'r gronynnau pridd ac mae'r golau'n cael ei wasgaru, ar onglau amrywiol. Caiff y gwasgaru ei fesur gan ddyfais recordio a chofnodir gwerthoedd rhifiadol sy'n ymwneud â'r patrwm gwasgaru ar gyfer dadansoddiad dilynol. Mae'r gwerthoedd gwasgaredig hyn yn cael eu trawsnewid, gan ddefnyddio model optegol a gweithdrefn fathemategol briodol i ddyrannu'r gronynnau i amryw o ddosbarthiadau maint arwahanol sy'n llunio PSD cyfeintiol.

Defnyddir dau fodel gwahanol ar gyfer cyfrifo dosbarthiad maint gronynnau: model Fraunhofer a Mie (Ffigur 8). Mae'r model cyntaf yn rhagdybio diffreithiant cyflawn o belydr laser, felly nid oes unrhyw wybodaeth am briodweddau optegol pridd a archwiliwyd yn ofynnol. Mae'r ail fodel yn defnyddio'r model Mie sy'n ystyried diffreithiant, trylediad ac amsugniad ac yn gofyn am wybodaeth am y mynegeion plygiannol ac amsugniad. Fodd bynnag, nid oes safon ar gyfer gosod paramedrau allweddol mynegai plygiannol a gwerth amsugniad, sy'n effeithio ar ganlyniadau PSA y pridd (Eshel *et al.*, 2004; Ryzak a Bieganski, 2011).

a) Damcaniaeth Fraunhofer



b) Model Mie



Ffigur 8. Ymddygiad paladr laser sy'n cael ei rwystro gan ronyn pridd yn ôl a) damcaniaeth Fraunhofer a b) model Mie (Ffynhonnell: Kondrlova *et al.*, 2015).

Mae damcaniaethau Fraunhofer a Mie yn rhagdybio bod gan y gronynnau siâp sfferig. Fodd bynnag, mewn gwirionedd, mae gan ronynnau clai siâp nad yw'n sfferig fel arfer. Mae cyfartaledd arwynebedd trawstoriadol rhagamcanol gronyn nad yw'n sfferig dros holl gyfeiriadedd posibl y gronyn o gymharu â chyfeiriad y paladr yn fwy na'r hyn a welir mewn sffêr gyda chyfaint cyfartal (Jonasz, 1991 a ddyfynnir gan Eshel *et al.*, 2004). Gall hyn arwain at neilltuo gronyn wedi'i fesur i ffracsiwn o faint mwy nag y mae'n perthyn iddo mewn gwirionedd ar sail ei radiws ymddangosiadol (Eshel *et al.*, 2004). Felly, gall LD roi amcangyfrif rhy isel o bosibl o nifer y gronynnau clai sydd mewn sampl pridd.

Yn ôl ISO 13320, camgymeriadau a wneir wrth baratoi sampl yw'r rhan fwyaf o'r camgymeriadau a wneir yn aml, a gellir eu priodoli i: is-samplau nad ydynt yn gynrychiadol, gwasgariad aneffeithlon, pyloriant (gostyngiad ym maint y gronynnau) yn ystod gwasgariad, swigod aer (oherwydd gwasgarwyr ewynnog neu droi egniwl) a gwasgaru a achosir gan newidiadau mewn tymheredd. Ffynhonnell arall o gamgymeriadau yw gwyro oddi wrth ragdybiaethau damcaniaethol e.e. gronynnau asfferol, arwyneb gronynnau garw, heterogenedd optegol, fflworoleuedd neu ddewis model optegol amhriodol.

Mae ffactorau eraill a all effeithio ar y PSA a geir drwy'r LDM yn cynnwys: sensitifrwydd yr offer (h.y. gall nifer y synwryddion mewn offeryn amrywio), y dewis o amser mesur a sut mae'r sampl pridd yn cael ei baratoi (e.e. Di Stefano *et al.* 2010). Gall prosesau paratoi sampl gynnwys sychu, llifanu, gwasgariad mecanyddol (cymysgu drwy ddefnyddio gwahanol gymysgwyr, gan ddefnyddio baddon uwchsaïn) a gwasgariad cemegol (ychwanegu gwasgarydd priodol). Mae yna ffactorau ôl-brosesu hefyd a all newid yr LDM PSD, megis y dewis o fodelau diffreithiant Fraunhofer neu Mie i gael canlyniadau o fesuriadau neu'r paramedrau optegol a ddefnyddir (e.e. Ryżak a Bieganowski, 2011; Özer *et al.*, 2010), fodd bynnag, mae'n bosibl cymhwyso modelau amgen yn ôl-weithredol i'r data mesur gwreiddiol.

Mae atgynhyrchadwyedd uchel wedi'i adrodd o fesuriadau LD ailadroddus ar yr un sampl o waddodion gronynnau mân (Sperazza *et al.*, 2004, a ddyfynnwyd gan Fisher *et al.* 2017). Mae'r dechneg LD yn gofyn am sampl llawer llai (e.e. 0.3-0.5 g) na dulliau gwaddodi (e.e. 10-40 g) (Fisher *et al.*, 2017). Gall hyn fod o fantais pan fo maint y sampl sydd ar gael yn gyfyngedig, ond mae techneg is-samplu ddibynadwy yn hanfodol i wneud yn siŵr bod samplau bach yn cynrychioli swmp y pridd. Mae ISO 13320 yn awgrymu y dylid defnyddio riffwr sy'n cylchdroi i gymryd is-sampl i'w dadansoddi. Os na wneir is-samplu'n dda, gall y canlyniadau amrywio'n fawr, er enghraifft, yn ôl Miller a Schaetzl (2012), wrth gynnal mesuriadau ailadroddus gan ddefnyddio LD, roedd 11.5% o'r 1,485 o samplau a astudiwyd wedi newid dosbarth ansawdd rhwng yr is-sampl pridd cyntaf a'r ail. Gall gweithio gyda samplau bach beidio rhoi ystyriaeth briodol i ran fwy bras y sampl, gan mai ychydig iawn o ronynnau sy'n cael eu cynrychioli yn ystod y mesuriad (Rasmussen a Dalsgaard, 2017).

7.3 Cymharu pennu ansawdd â llaw gyda phenderfyniad labordy

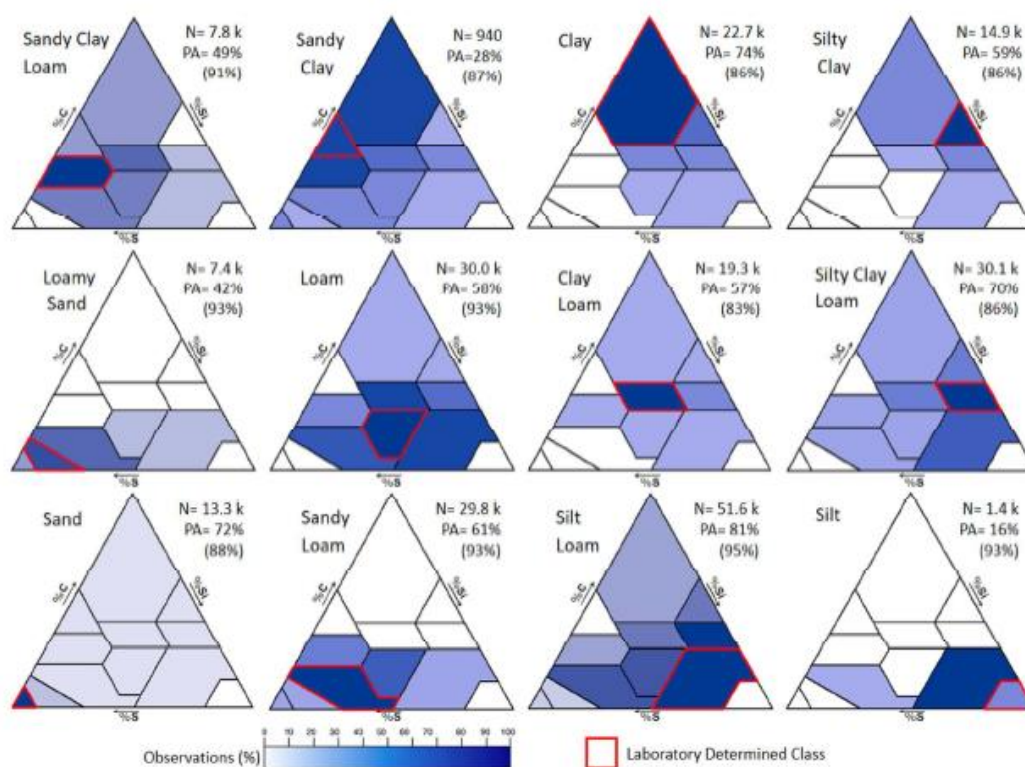
Mae'r ddadl ynglŷn â chymaroldeb canlyniadau o'r gwaith pennu ansawdd pridd â llaw yn y cae a phenderfyniad labordy PSD wedi bod yn mynd rhagddi ers 40 mlynedd a mwy. Cymharodd Hodgson *et al.* (1976) amcangyfrifon caeau (ansawdd â llaw) a dadansoddiad labordy (dull pibed) o gynnwys silt

a chlai 184 o briddoedd o ranbarthau gorllewin canolbarth Lloegr. Dangosodd eu canlyniadau ar gyfer 80% o'r samplau fod yr asesiad ansawdd â llaw o fewn $\pm 8\%$ o'r cynnwys clai a $\pm 12\%$ o'r cynnwys silt a bennwyd gan y dull pibed. Mae astudiaethau eraill wedi dangos bod gwyddonwyr pridd hyfforddedig wedi llwyddo i gyflawni tua 50% o gywirdeb absoliwt o gymharu â thechnegau labordy ar gyfer asesu dosbarthiad maint gronynnau (h.y. cyfateb yn union â'r cymariaethau dosbarth ansawdd pridd a adroddwyd gan Salley *et al.*, 2018). Fodd bynnag, gan y gall dulliau labordy fod yn amhendiant ac, ar adegau, yn anghywir, gall y cywirdeb mwyaf posibl fod yn llai na 100%.

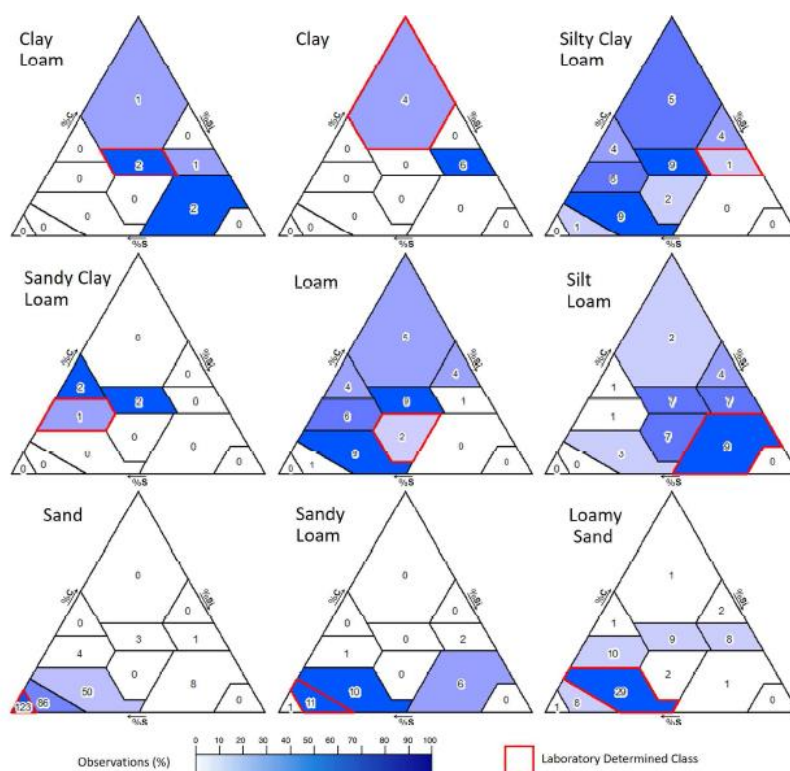
Er enghraifft, cymharodd Minasny *et al.* (2007) y canlyniadau ansawdd â llaw a PSD (drwy hydromedr neu bibed) o 17,979 o samplau pridd Awstralia, a ddangosodd fod cryn wahaniaeth (21-94% o gytundeb, yn dibynnu ar ddosbarth ansawdd) rhwng dosbarthiadau ansawdd â llaw a'r rhai a bennir gan ddulliau PSD labordy. Yn fwy diweddar, cymharodd Salley *et al.* (2018) ddosbarthiadau ansawdd pridd (243,898 o samplau) a bennwyd gan ansawdd â llaw gan wyddonwyr pridd proffesiynol a thechnegwyr cae tymhorol gyda dadansoddiad labordy (Ffigur 9). Defnyddiwyd data o gronfa ddata nodweddu pridd (gwyddonwyr pridd proffesiynol) y National Cooperative Soil Survey-NCSS a set ddata yr US Bureau of Land Management (technegwyr cae) lle'r oedd data sampl ar gael o ddadansoddiad ansawdd â llaw a dadansoddiad labordy. Cywirdeb cyffredinol y gwyddonwyr pridd proffesiynol oedd 66%, o gymharu â 32% ar gyfer y technegwyr cae. Wrth gynnwys dosbarthiadau ansawdd â llaw cyfagos (h.y. diffiniwyd canlyniad cywir fel cynnwys dosbarthiadau ansawdd wrth ymyl yr ansawdd a bennwyd mewn labordy ar driongl ansawdd USDA), cynyddodd cywirdeb i 91% ar gyfer y gwyddonwyr pridd a 78% ar gyfer y technegwyr. Roedd y cywirdeb absoliwt cyffredinol ar gyfer gwyddonwyr pridd proffesiynol ar ei uchaf lle roedd un ffracsiwn maint gronynnau'n dominyddu'r sampl, megis clai (74%) a thywod (73%) (Ffigur 9).

Cymharodd Fenton *et al.* (2015) ansawdd â llaw cychwynnol yn y cae â dulliau labordy (hydromedr, pibed a diffreithiant laser) a ddefnyddiwyd i benderfynu ar ganrannau tywod-silt-clai gwirioneddol rhannau o'r un proffil pridd ar safle glaswelltir yn Iwerddon. Nododd yr awduron fod amrywiadau o ran ansawdd ar ddyfnder is rhwng dosbarthiadau ansawdd â llaw a'r rhai a bennwyd drwy fesuriadau labordy. Nododd dulliau ansawdd â llaw gynnwys clai uwch na mesuriadau labordy, yr awgrymwyd eu bod yn gysylltiedig â lensys tywod yn yr haenlinau isaf. Disgrifiwyd y rhain, ond ni chawsant eu cynnwys, yn yr asesiad ansawdd â llaw ond byddent wedi ffurfio rhan o'r samplau labordy swmpus, gan achosi'r anghysondebau mewn cynnwys clai. Byddai'r amrywiad mewn canlyniadau ansawdd â llaw a labordy ar haenlinau is wedi arwain at asesiadau gwahanol o ansawdd ffisegol pridd. Am y rheswm hwn, awgrymodd Fenton *et al.* (2015) y dylai dadansoddiad labordy, waeth beth fo'r dull, fod yn well nag asesiadau cae syml.

a. Gwyddonwyr pridd proffesiynol



b. Technegydd maes



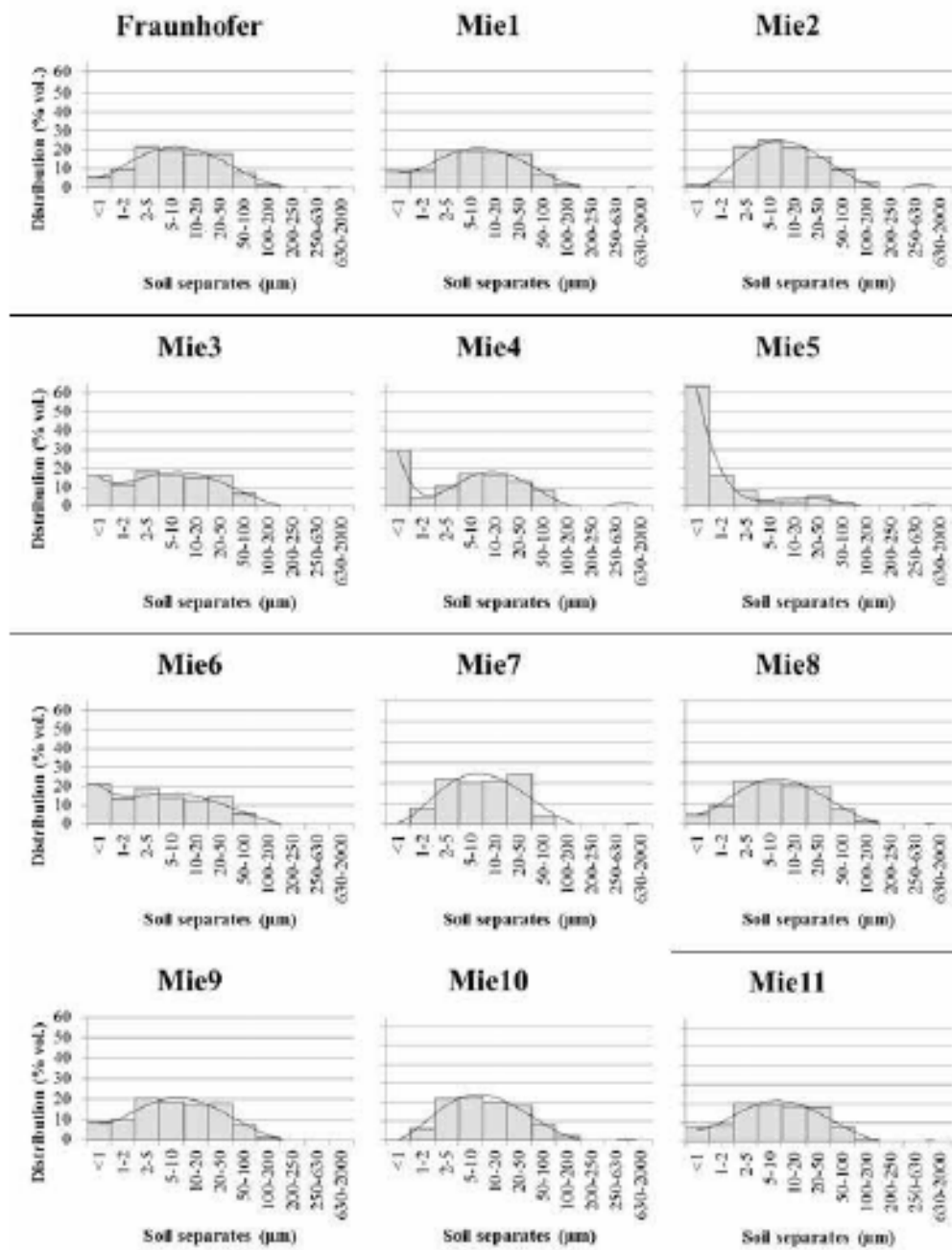
Ffigur 9. Cytundebau dosbarthu ar gyfer dosbarthiadau ansawdd gan a) gwyddonwyr pridd proffesiynol a b) technegydd maes. Mae'r amlinelliad coch yn cynrychioli'r grŵp ansawdd dilysu labordy. Ar gyfer y gwyddonwyr proffesiynol, N yw maint y sampl, PA yw'r cywirdeb a'r gwerth mewn cromfachau yw'r gwerth cywirdeb cyfochrog (Ffynhonnell: Salley *et al.*, 2018).

7.4 Cymharu methodolegau labordy

Mae holl dechnegau mesur maint gronynnau labordy yn ceisio cynrychioli siapiau 3-dimensiwn gan ddefnyddio paramedr 1-dimensiwn. Mae'r dechneg LD yn defnyddio sail cyfaint sfferig cyfatebol, tra bod yr SPM yn defnyddio egwyddor gwaddodi sfferig gyfatebol. Nid yw'n annisgwyl felly bod y ddwy dechneg yn cynhyrchu cyfrannau gwahanol o ddeunydd ar gyfer set o drothwyon mympwyol, megis <0.002 mm, <0.006 mm, a <2 mm (Fisher *et al.*, 2017). Mae nifer o gyhoeddiadau sy'n cymharu methodolegau PSA; mae'r rhain yn cynnwys cymariaethau o ddulliau gwaddodiad (e.e. pibed o gymharu â hydromedr), cymariaethau LDM (h.y. Model Fraunhofer o gymharu â Mie) neu gymariaethau rhwng gwaddodiad ac LDM. Trafodir rhai enghreifftiau diweddar isod.

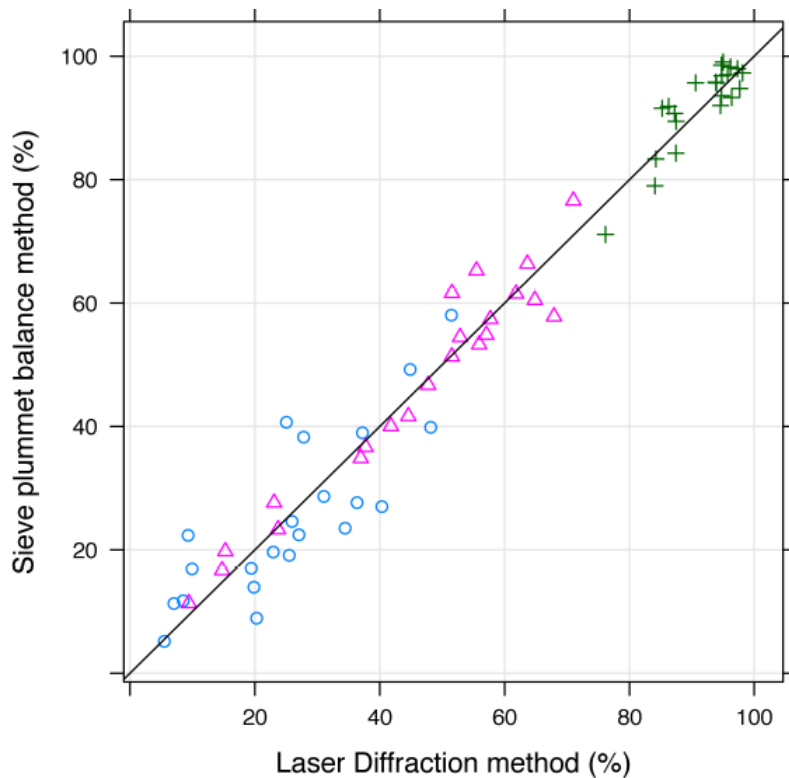
Cymharodd Fenton *et al.* (2015) dri dull (hydromedr, pibed a diffreithiant laser) a ddefnyddir i benderfynu ar ganrannau tywod-silt-clai rhannau o'r un proffiliau pridd ar saith gwahanol ddyfnder. Yn gyffredinol, roedd cytundeb da rhwng gwerthoedd PSA a fesurwyd gan ddefnyddio pibed a dulliau hydromedr. Adroddodd diffreithiant laser yr un tueddiadau o ran ansawdd pridd drwy bob proffil, ond roedd y cyfrannau'n dangos gwahaniaeth cyson ond ymylol o ran gwerth mewn $>50\%$ o gymariaethau sampl. Pennodd diffreithiant laser gyfran uwch o glai na'r dulliau pibed a hydromedr ar gyfer y ddau broffil ar gyfer pob bwlch dyfnder.

Cymharodd Kondrlova *et al.* (2015) PSA gan ddefnyddio'r ddau ddull LD (h.y. Fraunhofer a Mie), gan ddefnyddio 11 gwahanol gyfuniad o fynegeion plygiannol ac arsugniad ar gyfer model Mie. Roedd y PSD a ddeilliodd o hyn yn amrywio yn dibynnu ar y cyfuniad o fynegeion a ddewiswyd ar gyfer model Mie (Ffigur 10) ac weithiau roedd yn arwain at ddosbarthiadau terfynol gwahanol (wedi'u penderfynu gan ddefnyddio triongl ansawdd pridd yr Unol Daleithiau).



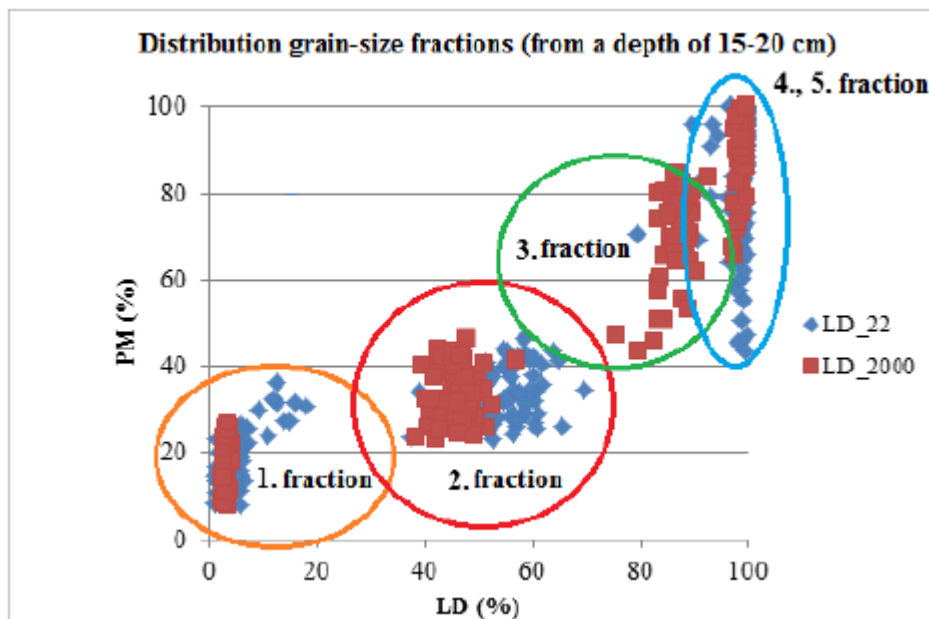
Ffigur 10. Dosbarthiad canran cyfaint meintiau gronynnau pridd dethol yn ôl gwahanol algorithmau cyfrifo ar gyfer amcangyfrif PSD. Mae Mie 1 i Mie 10 yn cynrychioli cyfuniadau gwahanol o fynegai plygiannol a mynegai amsugniad (Ffynhonnell: Kondrova *et al.*, 2015).

Defnyddiodd Fisher *et al.* (2017) y dull cydbwysu plymen hidlo seiliedig ar waddodiad (SPM) a'r LDM i fesur dosbarthiad maint gronynnau 22 o samplau pridd sy'n cynrychioli pedair o Raddau Pridd cyferbyniol Awstralia. Roedd y samplau LDM wedi'u his-rannu ymhellach i samplau a gafodd eu trin ymlaen llaw a samplau na chafodd eu trin ymlaen llaw; roedd pob sampl SPM wedi'i thrin ymlaen llaw. Ar gyfer y driniaeth ymlaen llaw, cafodd y deunydd organig ei dynnu, yna cafodd carbonadau a halwynau hydawdd eu tynnu cyn eu rinsio â dŵr wedi'i ddadïoneiddio cyn i asiant gwasgaru gael ei ychwanegu cyn ei osod mewn baddon uwchsain a'i ysgwyd. Roedd cymhariaeth o'r PSA ar gyfer y ddau ddull LD yn dangos, yn y rhan fwyaf o achosion, mai ychydig iawn o wahaniaeth oedd mewn PSA rhwng y rhai a gafodd eu trin ymlaen llaw a'r rhai na chafodd eu trin ymlaen llaw. Dangosodd dadansoddiad pellach o'r data fod modd cysylltu'r data LDM a gwaddodiad (Ffigur 11) gan ddefnyddio cyfernod cydberthyniad cytundeb (CCC) Lin. Mae'r CCC yn mesur cytundeb rhwng dau ddull drwy fesur amrywiad eu perthynas linol o'r llinell 45° drwy'r tarddiad. Roedd hyn yn dangos mai swm cyfwerth LDM y trothwyon maint gronynnau SPM <0.002, <0.02 a <0.2 mm oedd <0.009, <0.026 a <0.28 mm.



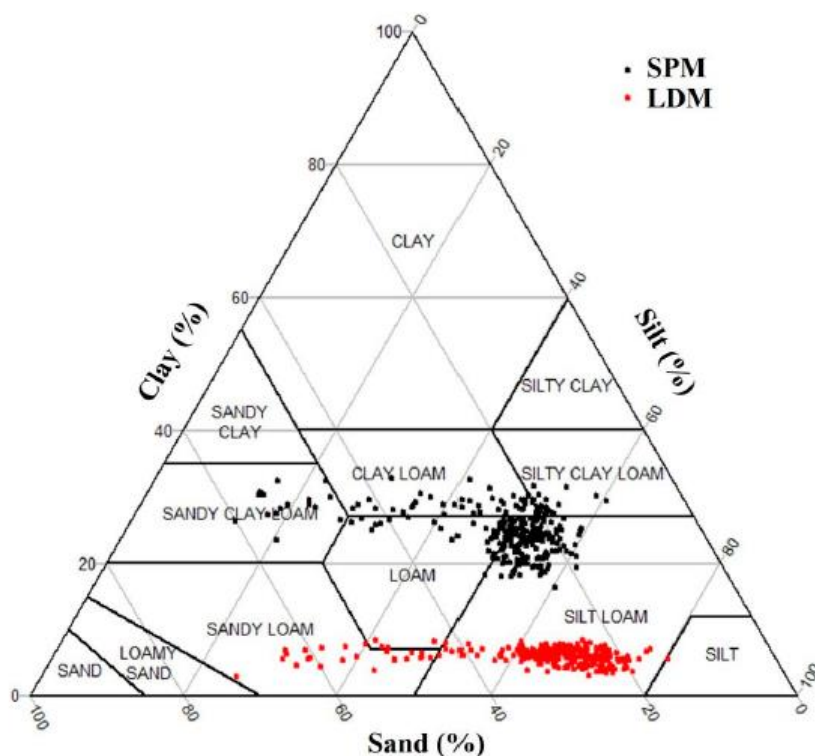
Ffigur 11. Plot gwasgariad o faint gronynnau cronus (%) gan ddefnyddio'r dull cydbwysu plymen hidlo a diffreithiant laser. Mae'r canlyniadau ar gyfer LDM heb driniaeth ymlaen llaw. Mae cylchoedd glas yn cyfateb i gyfesurynnau ar gyfer LDM <0.009 mm (echelin x), SPM <0.002 mm (echelin y); trionglaau pinc ar gyfer LDM <0.03 mm, SPM <0.02 mm; a chroesau gwyrdd ar gyfer LDM <0.28 mm, SPM <0.20 mm (Ffynhonnell: Fisher *et al.*, 2017).

Cymharodd Šinkovičová *et al.* (2017) ganlyniadau LD, gan ddefnyddio dau ddadansoddwr gronynnau laser gwahanol: ANALYSETTE 22 MicroTec plus (Fritsch GmbH) a Mastersizer 2000 (Malvern Instruments Ltd) gyda'r canlyniadau a gafwyd drwy'r dull pibed ar gyfer 132 o samplau pridd o Slofacia (Ffigur 12). Cymharwyd y canlyniadau yn erbyn ffraciynau maint, sy'n ymwneud â grwpiau methodoleg yr arolwg pridd yn Slofacia: clai <0.001 mm; llwch canolig a mân 0.01-0.001 mm; llwch bras 0.05-0.01 mm; tywod mân 0.25-0.05 mm a thywod canolig 2-0.25 mm. Dangosodd y canlyniadau wahaniaethau rhwng LDMs a rhwng LD a'r dull pibed.



Ffigur 12. Cymharu PSD, fel y'i penderfynwyd gan ddiffreithiant laser (LD) a dull pibed (PM) ar gyfer samplau a gymerwyd o ddyfnder o 15-20 cm (Ffynhonnell: Šinkovičová *et al.*, 2017).

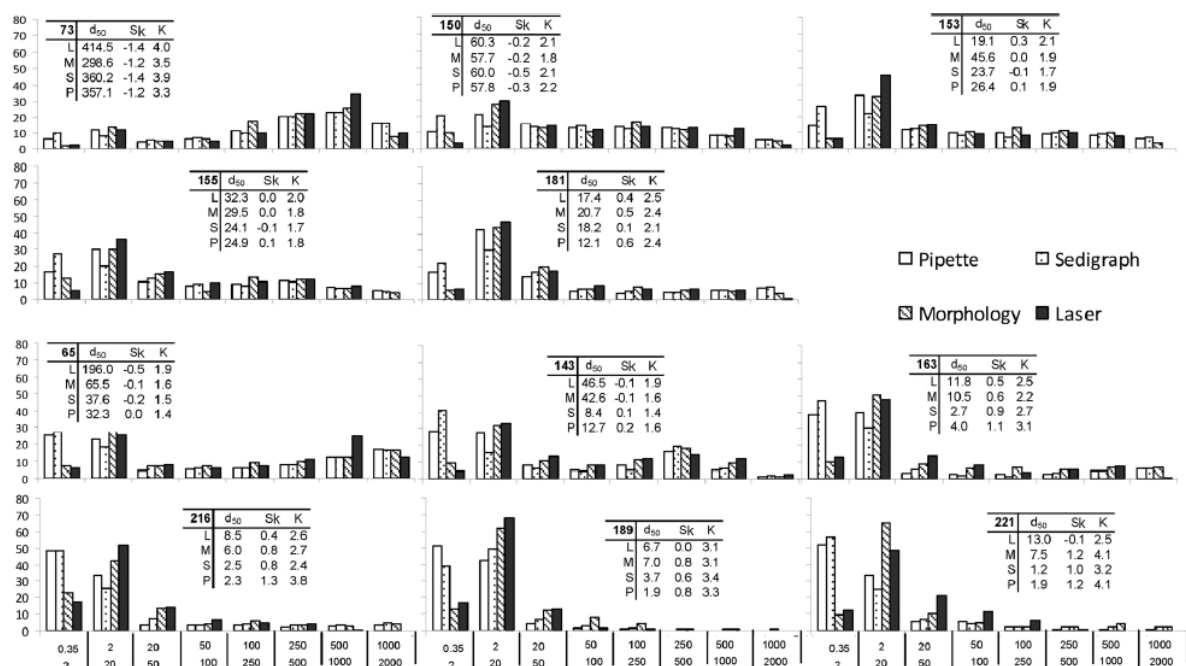
Cymharodd Yang *et al.* (2019) PSD y priddoedd a bennwyd gan ddefnyddio tri dull gwahanol: pibed-hidlo, diffreithiant laser a microsgop electron sganio. Roedd canlyniadau SPM yn awgrymu bod y mathau o ansawdd pridd yn lom silt yn bennaf, gan gyfrif am 55% o gyfanswm y samplau pridd a ddadansoddwyd. Wrth ddefnyddio LDM, roedd bron i 90% o'r samplau pridd yn cael eu dosbarthu fel lom silt; fodd bynnag, fe'u lleolwyd yn bennaf yng nghyfran isaf y dosbarthiad oherwydd y cynnwys clai is (Ffigur 13). O gymharu ag SPM, roedd LDM yn tanamcangyfrif y cynnwys clai 18.9% ac yn goramcangyfrif y cynnwys silt 25.3%. Cafodd siâp nodweddiadol di-sfferig gronynnau clai a'r dwysedd gronynnau anghyson ymhlith meintiau gronynnau eu priodoli fel y prif achosion. O ganlyniad i'r anghysondebau yn y cynnwys tywod, silt a chlai, roedd dosbarth ansawdd y pridd yn newid ar gyfer bron i hanner y samplau pridd a ddadansoddwyd.



Ffigur 13. Ansawdd pridd 277 o samplau pridd a bennwyd drwy ddull pibed hidlo (SPM) a dull diffreithiant laser (LDM) wedi'i arddangos ar driongl ansawdd pridd USDA (Ffynhonnell: Yang *et al.*, 2019).

Cymharodd Bittelli *et al.* (2019) ddosbarthiad maint gronynnau wedi'i fesur drwy ddulliau gwaddodi (pibed a graff gwaddod) ac LD gyda thechneg delweddu digidol. Mesurodd y dechneg delweddu digidol ddiamedr pob gronyn drwy gyfrif nifer y picseli a orchuddir gan bob gronyn ar y ddelwedd ddigidol. Mae dulliau delweddu awtomatig yn caniatáu tynnu lluniau o filiynau o ronynnau a'u dadansoddi ar wahanol lefelau chwyddiad. Defnyddiwyd y dechneg ddelweddu fel y cyfeirnod (h.y. ystyriwyd ei bod wedi mesur pob gronyn yn uniongyrchol) a'i chymharu â'r dulliau eraill (yn seiliedig ar briodweddau deilliadol) ar gyfer pennu PSD ar gyfer 11 o samplau pridd (Ffigur 14).

Roedd y ddau ddull seiliedig ar waddodiad (pibed a graff gwaddod) i raddau helaeth yn goramcangyfrif cyfanswm y gronynnau bach ym mhob pridd a brofwyd, yn enwedig ar gyfer priddoedd sydd â ffracsiynau mwy o faint o ronynnau yn yr amrediad clai a silt mân (samplau 65, 143, 163, 189, 216 a 221). Nododd yr awduron hefyd lle roedd gronynnau pridd yn y ffracsiwn <0.002 mm yn haenaid (e.e. Kaolinite) ac felly'n gwyro oddi wrth y rhagdybiaeth o natur sfferig (sy'n gynhenid mewn methodolegau LD a gwaddod), yna roedd yr amrywioldeb rhwng dulliau yn uwch na phan oedd gronynnau pridd yn sfferig (e.e. Albite). Yn gyffredinol, gan ragdybio bod arsylwi uniongyrchol drwy ddelweddu digidol yn gynrychiolaeth agosach o'r dosbarthiad gwirioneddol, daeth yr awduron i'r casgliad bod LD yn darparu amcangyfrif gwell o PSD na dulliau seiliedig ar waddodi; argymhellwyd LD fel y dull safonol ar gyfer PSA mewn priddoedd (Bittelli *et al.*, 2019).



Ffigur 14. Dosbarthiad maint gronynnau o wyth ffraciwn ar gyfer methodolegau delweddu digidol (M), laser (L), pibed (P) a graff gwaddod (S). SK: sgiwedd (maint yr afluniad o'r dosbarthiad normal), K: cwrtois (mesur data nad yw'n gyson yn y dosbarthiad) a d_{50} (canolrif): diamedr y gronyn mae 50% o fâs y sampl yn llai nag ef a 50% o fâs y sampl yn fwy nag ef (Ffynhonnell: Bittelli *et al.*, 2019).

7.5 Casgliadau'r fethodoleg dadansoddi maint gronynnau

Nid oes unrhyw berthynas syml rhwng gwaddodiad a dulliau diffreithiant laser. Un gwahaniaeth arwyddocaol rhwng dulliau yw bod dulliau gwaddodiad yn mesur canran màs gronynnau (h.y. cyfanswm y mater) a bod LD yn mesur canrannau cyfaint (h.y. faint o le sy'n cael ei gymryd) yn seiliedig ar ddiamedr optegol. Yn wir, mae Loveland (2016) wedi dadlau nad yw'r naill ddull na'r llall yn 'gywir' oherwydd rhagdybiaethau cynhenid ynghylch natur sfferig gronynnau a dwysedd unffurf (dulliau gwaddodiad) neu briodweddau optegol unffurf (LDM). Mae Loveland (2016) yn awgrymu y bydd gronynnau pridd sy'n fach fel arfer ($<10 \mu\text{m}$) yn haenaid (yn hytrach nag yn sfferig) ac yn anhomogenaidd, felly mae'r ddau ddull yn destun gwahanol gyfyngiadau. Fodd bynnag, dangosodd cymhariaeth ag arsylwi uniongyrchol drwy ddelweddu digidol fod LD yn gynrychiolaeth agosach o'r dosbarthiad gwirioneddol na dulliau seiliedig ar waddodiad (Bittelli *et al.*, 2019).

Mae gan ddiffreithiant laser amryw o fanteision (amser dadansoddi byr, cyfraddau ailadrodd uchel, cyfaint sampl isel, amrediad mesur eang ac ystod eang o ffraciynau wedi'u didoli) ac mae amrywiaeth o offerynnau masnachol ar gael. Fodd bynnag, mae'n hanfodol bod y peiriannau'n cael eu defnyddio'n gywir a bod canlyniadau'n cael eu dehongli'n gywir. Mae LD yn cynhyrchu data cydraniad manwl ar gyfer y dosbarthiad maint gronynnau cyfan, ac er bod modd gwneud mesuriadau canolradd, mae'r rhan fwyaf o fethodolegau maint gronynnau gwaddodiad ond yn mesur faint o ronynnau sy'n cyfateb i nifer fach o gateoriau e.e. <0.002 , <0.02 , $<0.2 \text{ mm}$ a $>0.2 \text{ mm}$. Mae dulliau gwaddodiad yn gymharol lafurus hefyd ac yn dibynnu, i ryw raddau, ar y gweithredwr labordy i gyflawni'r dadansoddiad yn gywir a sicrhau amseroedd sampl a threfniadau tymheredd cywir.

Yn aml, camgymeriadau a wneir wrth baratoi samplau yw'r rhan fwyaf o'r camgymeriadau ar gyfer yr LDM a gellir eu priodoli i: is-samplau nad ydynt yn gynrychiadol, gwasgariad aneffeithlon, pyloriant (gostyngiad ym maint y gronynnau) yn ystod gwasgariad, swigod aer (oherwydd gwasgarwyr ewyn neu droi egni) a gwasgaru a achosir gan newidiadau mewn tymheredd.

Mae'n hanfodol bod samplau'n cael eu gwasgaru'n briodol ar gyfer dulliau LD a gwaddodiad. Mae gwasgariad cemegol yn defnyddio cemegau gwasgaru i ddadelfennu agregau pridd i'w prif gyfansoddion tra bod gwasgariad ffisegol yn defnyddio ynni uwchsaïn i darfu'n ffisegol ar agregau pridd (Yang *et al.*, 2009). Lle nad yw sampl wedi'i wasgaru'n llawn, bydd nifer y gronynnau maint clai yn cael ei danamcangyfrif yn aml gan eu bod yn aros 'ynghlwm' i agregau mwy o faint a gellir eu dosbarthu'n anghywir fel gronynnau mwy bras (h.y. silt).

Mae pob methodoleg yn gwneud rhagdybiaethau ynghylch siâp sfferig y gronynnau pridd, a fydd mewn gwirionedd yn dibynnu ar nodweddion samplau pridd unigol. Er enghraifft, mae gronynnau siâp haenaidd yn arwain at oramcangyfrif ffracsiynau mân tra bod gronynnau siâp disg neu ffon yn arwain at danamcangyfrif o'r amrediad 0.0001 mm i 0.100 mm (di Stefano *et al.*, 2010). Fodd bynnag, mae'n anodd amcangyfrif ar gyfer pa un o'r dulliau y mae'r camgymeriad a achoswyd gan y diffyg siâp sfferig yn fwy arwyddocaol. Mae heterogenedd dwyseddau gronynnau'n achosi ansicrwydd yn y canlyniadau o ddulliau gwaddodiad ac LD fel ei gilydd. Defnyddiodd Sochan *et al.* (2014) ficrosgopeg golau i fesur maint y gronynnau sy'n weddill ar ôl gwaddodiad o gymharu â maint damcaniaethol y gronynnau sy'n weddill (yn seiliedig ar Gyfraith Stokes). Ar gyfer pob maint ffracsiwn (e.e. <0.063 mm), nodwyd ganddynt y mesurwyd gronynnau a oedd yn fwy o faint na'r terfyn uchaf. Priodolwyd hyn i siâp (siâp haenaidd) a dwysedd y gronynnau (h.y. gronynnau a oedd yn llai dwys na'r cyfartaledd ar gyfer y sampl pridd). Nododd Sochan *et al.* (2014) duedd glir: lleia'n byd yw'r gronynnau (h.y. mwya'n byd yw'r cynnwys clai), mwya'n byd yw'r gwryiad o gyfraith Stokes.

Mae ffactorau eraill sy'n gallu effeithio ar y canlyniadau PSA a geir drwy ddefnyddio'r LD yn cynnwys: nifer y laserau a'r dewis o ran amser mesur. Mae ffactorau ôl-brosesu sy'n gallu newid yr LDM PSD hefyd, megis y dewis o fodelau diffreithiant Fraunhofer neu Mie neu'r paramedrau optegol a ddefnyddir (e.e. Ryżak a Bieganowski, 2011; Özer *et al.*, 2010), ond gellir newid y rhain a'u hailgymhwyso i'r data mesur gwreiddiol.

Yn gyffredinol, mae'r LDM yn ddull cyflym a defnyddiol o bennu maint gronynnau, er nad yw cymharu data a gafwyd gan ddefnyddio methodolegau eraill yn syml. Am y rheswm hwnnw, mae'n hanfodol bod y fethodoleg a ddefnyddir ar gyfer PSD yn cael ei nodi'n glir fel bod modd gwneud unrhyw gymhariaeth rhwng y setiau data yn deg. Cafodd gwaith yr ALC ac Arolwg Pridd Cymru a Lloegr eu graddnodi gan ddefnyddio'r dull pibed ac felly byddai angen gofal wrth symud i'r LDM.

8 Cyfeiriadau

- ADAS (2007). *Irrigation Best Practice. A Water Management Toolkit for Field Crop Growers*. Defra.
- AHDB (2017). Nutrient Management Guide (RB209). *Section 1 Principles of nutrient management and fertiliser use*. Bwrdd Datblygu Amaethyddiaeth a Garddwriaeth.
- Baker, N.T. a Capel, P.D. (2011). *Environmental factors that influence the location of crop agriculture in the conterminous United States*: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5108.
- Bibby, J. a D. Mackney (1969). *Land use capability classification*. Soil Survey Technical Monograph No 1.
- Bittelli, M., Andrenelli, M.C., Simonetti, G., Pellegrini, S., Artioli, G., Piccoli, I. a Morari, F. (2019). Shall we abandon sedimentation methods for particle size analysis in soils? *Soil & Tillage Research*, 185, 36-46.
- Boardman, J. (2013). Soil Erosion in Britain: Updating the Record. *Agriculture*, 3, 418-442.
- Chow, T.L., Rees, H.W., Monteith, J.O., Toner, P. a Lavoie, J. (2007). Effects of coarse fragment content on soil physical properties, soil erosion and potato production. *Canadian Journal of Soil Science*, 87, 565-577.
- Daccache, A., Keay, C., Jones, R.J.A., Weatherhead, E.K., Stalham, M.A. a Knox, J.W. (2012). Climate change and land suitability for potato production in England and Wales: impacts and adaptation. *Journal of Agricultural Science*, 150, (2), 161-177.
- Defra (2005). *Controlling soil erosion: A manual for the assessment and management of agricultural land at risk of water erosion in lowland England*. Cyhoeddwyd gan Adran yr Amgylchedd, Bwyd a Materion Gwledig, Llundain.
- Defra, 2010). *Report on the testing of biophysical criteria for areas with natural handicap in the United Kingdom*. Defra.
- Di Stefano, C., Ferro, V. a Mirabile, S. (2010). Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods. *Biosystems Engineering*, 106, 205-215.
- Eshel, G., Levy, G.J., Mingelgrin, U. a Singer, M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 68 (3), 736-743.
- FAO (2006). *Guidelines for soil description*. Pedwerydd Argraffiad. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fan, J., McConkey, B., Wang, H., Janzen, H. (2016). Root distribution by depth for temperate agricultural crops. *Field Crops Research*, 189, 68-74.
- Fenton, O., Vero, S., Ibrahim, T.G., Murphy, P.N.C., Sherriff, S.C. ac Ó Hullacháin, D. (2015). Consequences of using different soil texture determination methodologies for soil physical quality and unsaturated zone time lag estimates. *Journal of Contaminant Hydrology*, 182, 16-24.
- Fisher, P., Aumann, C., Chia, K., O'Halloran, N. a Chandra, S. (2017). Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. *PLoS ONE*, 12 (5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176510>
- Hlaváčiková, H., Novák, V., Kostka, Z., Danko, M. a Hlavčo, J. (2018). The influence of stony soil properties on water dynamics modelled by the HYDRUS model. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 66 (2), 181-188.
- Hodgson, J.M., Hollis, J.M., Jones, R.J.A. a Palmer, R.C. (1976). A comparison of field estimates and laboratory analyses of the silt and clay contents of some West Midlands soils. *Journal of Soil Science* 27, 411-419.

ISO 11277:2009 *Soil quality - Determination of particle size distribution in mineral soil material - Method by sieving and sedimentation*.

ISO 13320:2009 *Particle size analysis – Laser diffraction methods*. Sefydliad Safonau Prydeinig

Jensen, J.L., Schjønning, P., Watts, C.W., Christensen, B.T. a Munkholm, L.J. (2017). Soil texture analysis revisited: Removal of organic matter matters more than ever. *PLoS ONE*, 12(5): e0178039

Jonasz, M. (1991). Size, shape, composition and structure of microparticles from light scattering. p. 143–162. Yn J.P.M. Syvitske (Gol.) *Principles, methods, and application of particle size analysis*. Gwasg Prifysgol Caergrawnt. Caergrawnt.

Keay, C.A., Jones, R.J.A., Procter, C., Chapman, V., Barrie, I., Nias, I., Smith, S. ac Astbury, S. (2013). *SP1104 the Impact of climate change on the capability of land for agriculture as defined by the Agricultural Land Classification*. Defra.

Knox, J.W., Daccache, D.A., Weatherhead, E.K. a Stalham, M. (2011). *Climate change impacts on the UK potato industry*. Bwrdd Datblygu Amaethyddiaeth a Garddwriaeth.

Knox, J.W., Rickson, R.J., Weatherhead, E.K., Hess, T.M. Deeks, L.K., Truckell, I.J., Keay, C.A., Brewer, T.R. a Daccache, A. (2015). *Research to develop the evidence base on soil erosion and water use in agriculture*. Adroddiad technegol terfynol. Prifysgol Cranfield.

Kondrlova, E., Igaz, D. a Horak, J. (2015). Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *The Journal of Ege University Faculty of Agriculture*, 2015, Special Issue, 21-27.

Loveland, P. (2016). *Particle-size analysis: What does it mean?* The Auger. British Society of Soil Science.

Lynn, I.H., Manderson, A.K., Page, M.J., Harmsworth, G.R., Eyles, G.O., Douglas, G.B., Mackay, A.D. a Newsome, P.J.F. (2009). *Land Use Capability Survey Handbook – a New Zealand handbook for the classification of land*. 3^{ydd} Argraffiad. AgResearch Ltd.

MAFF (1988). *Agricultural Land Classification of England and Wales*. Hydref 1988.

MAFF/ADAS (1982). *Techniques for measuring soil physical properties*. Llyfr Cyfeirnod 441. Llyfrfa ei Mawrhydi.

Mayrhofer, H., Quendler, E. a Boxberger, J. (2014). Narrative text analysis of accident reports with tractors, self-propelled harvesting machinery and materials handling machinery in Austrian agriculture from 2008 to 2010 – a comparison. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21 (1), 183-188.

Miller, B.A. a Schaetzl, R.J. (2012). Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*, 76, 1719-1727.

Minasny, B., McBratney, A.Y.B., Field, D.J., Tranter, G., McKenzie, N.J. a Brough, D.M. (2007). Relationships between field texture and particle-size distribution in Australia and their implications. *Soil Research*, 45, 428-437.

Owens, P.N., Rickson, R.J., Clarke, M.A., Dresser, M., Deeks, L.K., Jones, R.J.A., Woods, G.A., Van Oost, K. a Quine, T.A. (2006). *Review of the existing knowledge base on magnitude, extent, causes and implications of soil loss due to wind, tillage and co-extraction with root vegetables in England and Wales, and recommendations for research priorities*. Adroddiad y Sefydliad Cenedlaethol Adnoddau Priddoedd (NSRI) i DEFRA, Prosiect SP08007, NSRI, Prifysgol Cranfield.

Özer, M., Orhan, M. ac Işık, N.S. (2010). Effect of particle optical properties on size distribution of soils obtained by laser diffraction. *Environmental & Engineering Geoscience*, XVI (2), 163-173.

- Özer, M. a Orhan, M. (2015). Determination of an appropriate method for dispersion of soil samples in laser diffraction particle size analyses. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 1 (1), 19-25
- Parajuli, K. (2018). *Advancing methods to quantify actual evapotranspiration in stony soil ecosystems*. Traethawd PhD. Utah State University.
- Rasmussen, C. a Dalgaard, K. (2017). *Working paper: Documentation of tests on particle size methodologies for laser diffraction compared to traditional sieving and sedimentation analysis*. Prifysgol Aarhus.
- Rempe, D.M. a Dietrich, W.E. (2018). Direct observations of rock moisture, a hidden component of the hydrologic cycle. *Proceedings of the National Academy of Science*, 115 (11), 2664-2669.
- Rickson, R.J., Bhogal, A., Brewer, T.R., Burgess, P., Deeks, L.K., Graves, A., Hannam, J., Hess, T.M., Holman, I., Keay, C., Kirk, G., Newell-Price, J.P., Parsons, D., Rollett, A., Tibbett, M., Truckell, I.J. a White, C. (2017). Defra SP1317: *How does a Loss of Soil Depth Impact on the Ability of Soils to Deliver Vital Ecosystem Services? Work Package 1. Examination of the Current Evidence Base*.
- Rickson, R.J., Deeks, L.K. , Corstanje, R., Newell-Price, P., Kibblewhite, M.G., Chambers, B., Bellamy, P., Holman, I., James, I.T., Jones, R., Kechavarsi, C., Mouazen, A.M., Ritz, K. a Waine, T. (2012). *SP1611 Indicators of Soil Quality (physical properties). Work Package 2 Data Analysis and Modelling Report*.
- Ryżak, M. a Bieganowski, A. (2011). Methodological aspects of determining soil particle-size distribution using the laser diffraction method. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 174, 624-633.
- Saini, G.R. a Grant, W.J. (1980). Long-term effects of intensive cultivation of soil quality in the potato-growing areas of New Brunswick (Canada) and Maine (USA). *Canadian Journal of Soil Science*, 60, 421-428.
- Salley, S.W., Herrick, J.E., Holmes, C.V., Karl, J.W., Levi, M.R., McCord, S.E., Van der Waal, C. a Van Zee, J. W. (2018). A comparison of soil texture-by-feel estimates: implications for the citizen soil scientist. *Soil Science Society of America Journal*, 82 (6), 1526-1537.
- Šinkovičová, M., Igaz, D., Kondrlová, E. a Jarošová (2017). Soil Particle Size Analysis by Laser Diffractometry: Result Comparison with Pipette Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 245, 072025 doi:10.1088/1757-899X/245/7/072025
- Sochan, A., Bieganowski, A., Bartmiński, P., Ryżak, M., Brzezińska, M., Dębicki, R., Stuczyński, T. a Polakowski, C. (2014). A use of the laser diffraction method for assessment of the pipette method. *Soil Science Journal of America*, 79, 37-42.
- Sperazza, M., Moore, J.N. a Hendrix, M.S. (2004). High-resolution particle size analysis of naturally occurring very fine-grained sediment through laser diffractometry. *Journal of Sedimentary Research*, 74(5), 736-743.
- Tetegan, M., Nicoullaud, Baize, D., Bouthier, A. a Cousin, I. (2011). The contribution of rock fragments to the available water content of stony soils: proposition of new pedotransfer functions. *Geoderma*, 165 (1), 40-49.
- USDA (1961). *Land Capability Classification*. United States Department of Agriculture Handbook No. 210.
- USDA. (2017). *Soil Survey Manual*. United States Department of Agriculture Handbook No. 18.
- Van Orshoven, J., Terres, J-M. a Tóth, T. (Gol.) (2014). *Updated common bio-physical criteria to define natural constraints for agriculture in Europe. Definition and scientific justification for the common biophysical criteria*; Technical Factsheets. European Commission, Joint Research Centre.

Llywodraeth Cymru (2018). *Polisi Cynllunio Cymru*. Argraffiad 10. Rhagfyr 2018.

Yang, X, M., Drury, C.F., Reynolds, W.D. a MacTavish, D.C. (2009). Use of sonication to determine the size distributions of soil particles and organic matter. *Canadian Journal of Soil Science*, 89 (4), 413-419

Yang, Y., Wang, L., Wendroth, O., Baoyuan, L., Cheng, C., Huang, T. a Shi, Y. (2019). Is the laser diffraction method reliable for soil particle size distribution analysis? *Soil Science of America Journal*, 83 (2), 276-287.