



Llywodraeth Cymru
Welsh Government

Rhaglen Dystiolaeth Polisi Pridd 2023-24

**Adolygiad o'r adnodd mapiau swyddogaeth
pridd**

Gorffennaf 2024

Cod Rhaglen: SPEP2023-24/01



Llywodraeth Cymru



Adolygiad o'r adnodd mapiau swyddogaeth pridd

Gorffennaf 2024

Alison Rollett a John Williams



NODIADAU CYFFREDINOL ADAS

Rhif y Prosiect: 1022636




Teitl: Adolygiad o'r adnodd mapiau swyddogaeth pridd

Cleient: Llywodraeth Cymru

Dyddiad: 04 Gorffennaf 2024

Swyddfa: Alison Rollett, ADAS Gleadthorpe, John Williams, ADAS Boxworth.

Statws: Terfynol

Awduron	Alison Rollett	Adolygydd technegol	John Williams
Llofnod		Llofnod	
Dyddiad	04 Gorffennaf 2024	Dyddiad	03 Gorffennaf 2024
Llofnod			
Dyddiad	03 Gorffennaf 2024		

Mae RSK ADAS Ltd (ADAS) wedi paratoi'r adroddiad hwn at ddefnydd y cleient yn unig, gan ddangos sgil a gofal rhesymol, at y dibenion a fwriadwyd fel y'u nodwyd yn y cytundeb ar gyfer cwblhau'r gwaith hwn. Ni all unrhyw barti arall ddibynnu ar yr adroddiad heb gytundeb penodol y cleient ac ADAS. Ni roddir unrhyw warant, a fynegir neu a awgrymir, ynghylch y cyngor proffesiynol sydd yn yr adroddiad hwn.

Lle defnyddiwyd unrhyw ddata a gyflenwyd gan y cleient neu o ffynonellau eraill, tybir bod y wybodaeth yn gywir. Ni all ADAS dderbyn unrhyw gyfrifoldeb am wallau yn y data a gyflenwyd gan unrhyw barti arall. Mae'r casgliadau a'r argymhellion yn yr adroddiad hwn yn seiliedig ar y dybiaeth bod yr holl wybodaeth berthnasol wedi'i darparu gan y cyrff hynny y gofynnwyd iddynt amdani.

Ni chaniateir i unrhyw ran o'r adroddiad hwn gael ei gopïo na'i ddyblygu heb ganiatâd penodol ADAS a'r parti y paratowyd yr adroddiad ar ei gyfer.

Pan fydd ymchwiliadau maes wedi cael eu cynnal, cyfyngwyd y rhain i lefel y manylder sy'n ofynnol i gyflawni amcanion y gwaith fel y'u nodwyd.

Ymgwymerwyd â'r gwaith hwn yn unol â system rheoli ansawdd RSK ADAS Ltd.

Cynnwys

1	Cyflwyniad	1
2	Amcanion	1
3	Swyddogaethau pridd	3
4	Gwasanaethau ecosystem	4
4.1	Gwasanaethau ecosystem pridd	6
4.1.1	Dosbarthiad Rhyngwladol Cyffredin o Wasanaethau Ecosystem-CICES	6
4.1.2	Categoriâu o wasanaethau ecosystem pridd	7
5	Mapio gwasanaethau ecosystem	13
6	Dulliau mapio	16
6.1	Dulliau mapio	20
6.2	Matrics gwasanaethau ecosystem	21
6.2.1	Ansicrwydd sy'n gysylltiedig â'r dull matrics	22
7	Mapiau enghreifftiol/dulliau mapio	Error! Bookmark not defined.
7.1	Gwasanaethau ecosystem yn ucheldir Cymru	24
7.2	Gwasanaethau ecosystem pridd yn Lloegr	28
7.2.1	Dull cynefinoedd	28
7.2.1	Dull mapio pedwar cam	28
7.2.2	Dull sgorio gorchudd tir	31
7.3	Gwasanaethau ecosystem pridd yn yr Alban	32
7.4	Mapio gwasanaethau ecosystem yn Iwerddon	34
7.5	Mapio gwasanaethau ecosystem ym Mhortiwgal	36
7.6	Modelu gwasanaethau ecosystem yn yr Eidal	39
7.7	Gwasanaethau ecosystem yn Awstralia	41
7.7.1	Mapiau effaith	45
7.8	Graddfa ofodol mapio ecosystem	45
7.9	Gwasanaethau ecosystem yn Ne Affrica	50
7.10	Rhai offer mapio/modelu gwasanaethau ecosystem	51
7.10.1	Model InVEST	51
7.10.2	Model ARIES	51
7.10.3	ESTIMAP	52
7.10.4	INCA	52
7.11	Rhai cyfyngiadau ar fapio gwasanaethau ecosystem	55
8	Casgliadau ac argymhellion	55

8.1	Gwasanaethau ecosystem pridd	55
8.2	Mapio gwasanaethau ecosystem pridd	56
8.3	Setiau data	56
8.4	Argymhellion	56
9	Cyfeiriadau	60

Cyflwyniad

Pridd yw sylfaen pob ecosystem ddaearol ac mae'n darparu llawer o wasanaethau ecosystem, gan gynnwys darparu bwyd a ffibr, rheoleiddio hinsawdd a storio carbon, rheoleiddio llif ac ansawdd dŵr, cefnogi bioamrywiaeth uwchben ac o dan y ddaear ac "archif o dreftadaeth geomorffolegol ac archaeolegol daearegol" (Comisiwn Ewropeaidd, 2021). Sylfaen y swyddogaethau hyn yw cyfalaf naturiol y pridd, stociau deunydd pridd (Robinson *et al.*, 2017). Mae'r ystod o wahanol nodweddion pridd, a'r rhyngweithio rhyngddynt (e.e. gwead, dyfnder, strwythur, faint o gerrig a'r gyfundrefn hydrolegol), yn dylanwadu ar y mathau o wasanaethau ecosystem mae gwahanol dirweddau'n eu darparu. Mae ffactorau rheoli tir, hinsoddol a safle (e.e. uchder, topograffi) yn rhyngweithio â nodweddion pridd i ddylanwadu ymhellach ar ddarpariaeth gwasanaethau ecosystem.

Mae gwahanol briddoedd yn darparu rhai gwasanaethau ecosystem yn fwy effeithiol nag eraill. Er enghraifft, mae priddoedd mwynol yr iseldir sydd o dan reolaeth â'r glaswelltir yn bwysig ar gyfer cynhyrchu bwyd, tra bod mawngydd dwfn mewn ardaloedd ucheldirol yn cynnal cynefinoedd lled-naturiol, yn storio carbon ac yn rheoleiddio'r hinsawdd.

Yng Nghymru a Lloegr, diffinnir nodweddion priddoedd ar bedair lefel (prif grŵp, grŵp, is-grŵp a chyfras) mewn system hierarchaidd. Defnyddir nodweddion cyffredinol ar y lefel uchaf i wahaniaethu'n fras a nodweddion mwy penodol ar y lefelau is i rannu'n isrannau cynyddol fanwl (Hallett *et al.*, 2017). Mae priddoedd Cymru a Lloegr yn cael eu dosbarthu i 10 prif grŵp (yn seiliedig ar eu nodweddion pridddegol), >60 o grwpiau, 80 o is-grwpiau a channoedd o gyfresi. Bydd hyn yn darparu trosolwg cyffredinol o nodweddion y pridd (e.e. gwead, draenio, carbon yn yr uwchbridd ac ati.) 27 Yn ôl Prifysgol Cranfield, mae 'soilscapes' neu briddweddau yn 'darparu data eang, dealladwy a defnyddiol ynghylch priddoedd i'r rhai nad ydyn nhw'n arbenigwyr ar briddoedd', **Ffigur 1**. Does dim perthynas uniongyrchol rhwng y prif grwpiau pridd a'r priddweddau; mae'r dosbarthiad cyntaf yn ffurfio rhan o asesiad trwyadl a phenodol i safle a bwriad yr ail yw rhoi trosolwg ehangach. Mae'r amrywiad eang mewn nodweddion pridd yn effeithio'n sylfaenol ar natur a graddau eu cysylltiadau â ddarpariaeth gwasanaethau ecosystem (Haygarth a Ritz 2009).

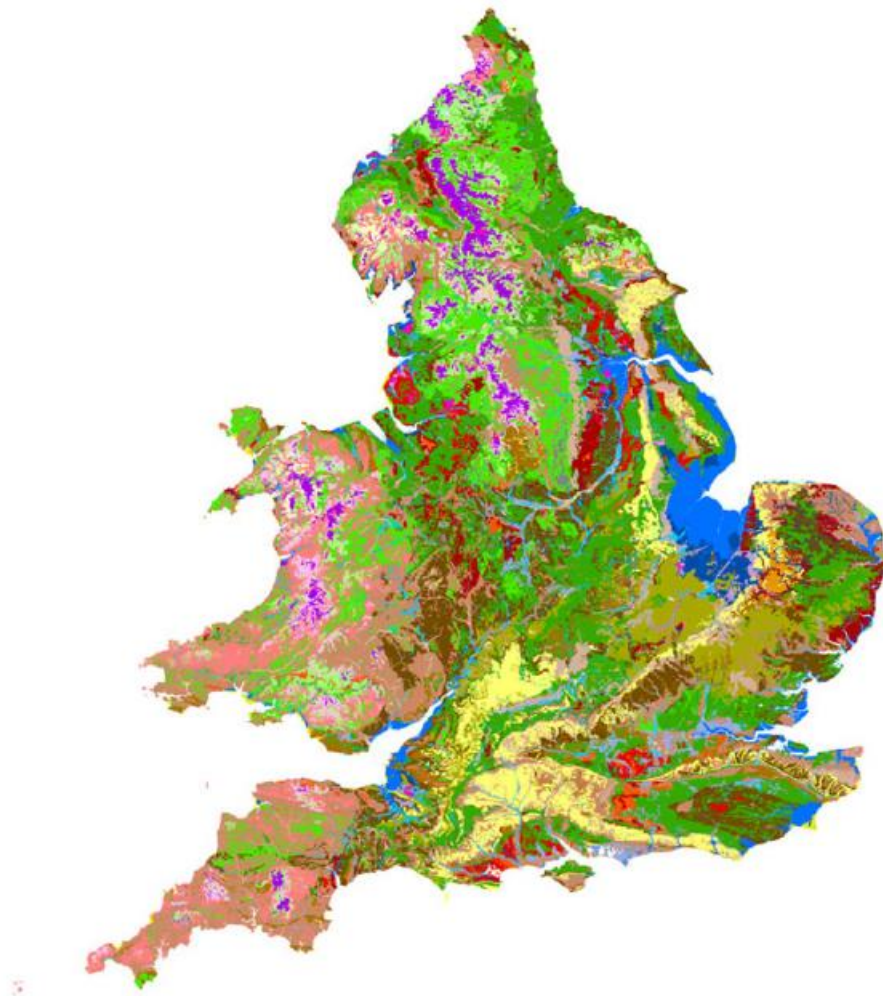
Amcanion

Mae Tîm Polisi Priddoedd a Defnydd Tir Llywodraeth Cymru'n ystyried datblygu map swyddogaethau a gwasanaethau pridd o Gymru. Nod y map fydd darparu'r wybodaeth orau sydd ar gael i gefnogi a chydbwysu penderfyniadau defnydd tir lle mae'r manteision ac anfanteision rhwng swyddogaethau pridd a gofynion defnydd tir yn cystadlu. Bydd dangos y cyflenwad o swyddogaethau a gwasanaethau a ddarperir gan wahanol dirweddau, eu dosbarthiad gofodol a'u hamrywiad ledled Cymru yn helpu'r rhai sy'n gwneud penderfyniadau i wneud ystyriaethau gwybodus a chytbwys o effaith newid defnydd tir ar ddarpariaeth gwasanaethau ecosystem. Bydd y map yn caniatáu i arbenigwyr a rhai nad ydynt yn arbenigwyr ddeall a mesur effaith defnydd tir a phenderfyniadau polisi ar wahanol swyddogaethau a gwasanaethau pridd.

I gefnogi'r amcanion hyn, mae'r astudiaeth gwmpasu hon wedi:

- Cynnal adolygiad lefel uchel o fapiau swyddogaethau a gwasanaethau pridd presennol a ddatblygwyd yng Nghymru, y DU, yr UE ac yn rhyngwladol.
- Casglu ac adolygu setiau data nodweddion, swyddogaethau a gwasanaethau pridd o Gymru, y DU, Ewrop ac yn rhyngwladol.
- Nodi bylchau mewn setiau data a chyfyngiadau ar gyfer datblygu mapiau swyddogaethau a gwasanaethau pridd ar gyfer Cymru.

- Cynhyrchu taenlen sy'n disgrifio ac yn trafod y setiau data swyddogaethau a gwasanaethau pridd sydd ar gael.

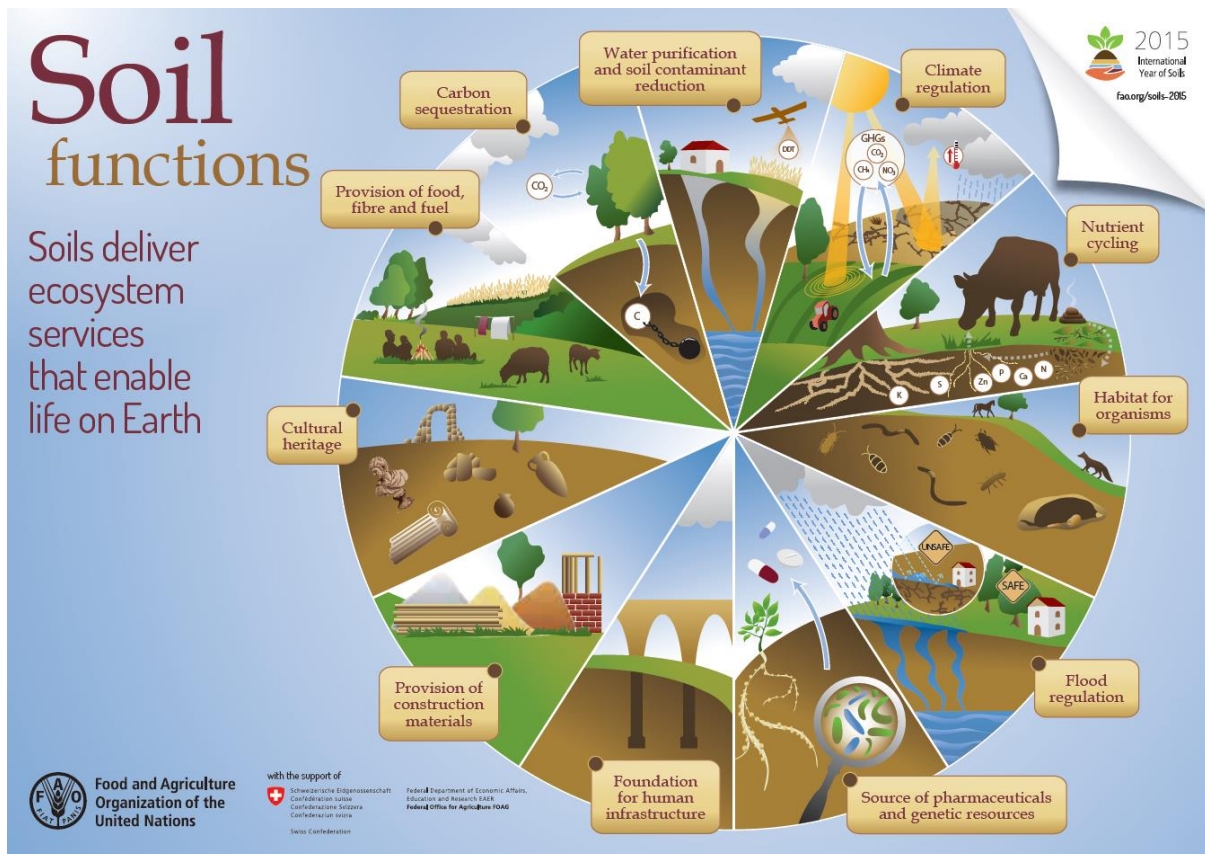


ID	Description
	Blanket bog peat soils
	Fen peat soils
	Freely draining acid loamy soils over rock
	Freely draining floodplain soils
	Freely draining lime-rich loamy soils
	Freely draining sandy Breckland soils
	Freely draining slightly acid but base-rich soils
	Freely draining slightly acid loamy soils
	Freely draining slightly acid sandy soils
	Freely draining very acid sandy and loamy soils
	Lime-rich loamy and clayey soils with impeded drainage
	Loamy and clayey floodplain soils with naturally high groundwater
	Loamy and clayey soils of coastal flats with naturally high groundwater
	Loamy and sandy soils with naturally high groundwater and a peaty surface
	Loamy soils with naturally high groundwater
	Naturally wet very acid sandy and loamy soils
	Raised bog peat soils
	Restored soils mostly from quarry and opencast spoil
	Saltmarsh soils
	Sand dune soils
	Shallow lime-rich soils over chalk or limestone
	Shallow very acid peaty soils over rock
	Slightly acid loamy and clayey soils with impeded drainage
	Slowly permeable seasonally wet acid loamy and clayey soils
	Slowly permeable seasonally wet slightly acid but base-rich loamy and clayey soils
	Slowly permeable wet very acid upland soils with a peaty surface
	Very acid loamy upland soils with a wet peaty surface

Ffigur 1. Dosbarthiad gofodol wedi'i symleiddio o'r prif fathau o bridd (27 priddwedd) yng Nghymru a Lloegr. (Ffynhonnell: Prifysgol Cranfield [LandIS](#))

Swyddogaethau pridd

Mae swyddogaethau bioffisegol pridd yn cynnwys ailgylchu maethynnau, dynameg dŵr, hidlo a chlustogi, sefydlogrwydd ffisegol a chynnal systemau planhigion a strwythurau dynol, a hyrwyddo bioamrywiaeth a chynefinoedd. Mae swyddogaethau pridd yn uniongyrchol gysylltiedig â gwasanaethau ecosystem pridd sy'n cyfrif am y buddion uniongyrchol mae cymdeithasau dynol yn eu cael o briddoedd (**Ffigur 2**).

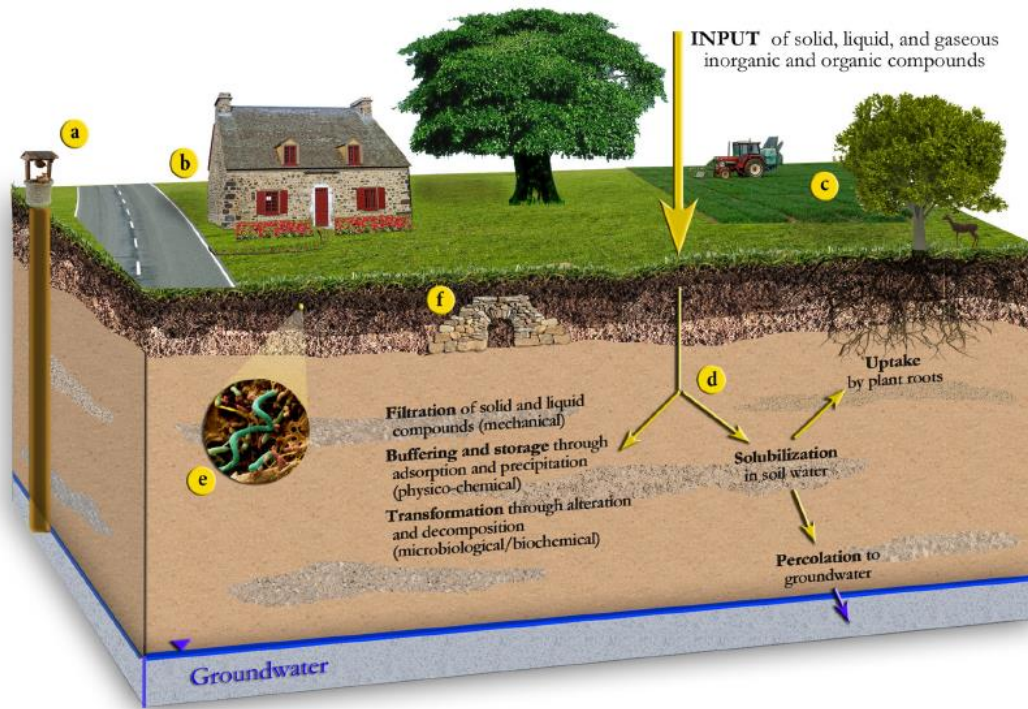


Ffigur 2. Swyddogaethau pridd (Ffynhonnell: FAO, 2015).

Daeth y cysyniad o swyddogaethau pridd i'r amlwg yn gyntaf drwy'r Strategaeth Thematig Pridd Ewropeaidd arfaethedig (Comisiwn Ewropeaidd, 2006). Roedd y Strategaeth yn cynnwys saith swyddogaeth pridd, sef cynhyrchu biomas, storio, hidlo a thrawsnewid maethynnau, sylweddau a dŵr, darparu sylfaen ffisegol a diwyllianol i bobl a'u gweithgareddau, darparu cynefinoedd a chronfeydd genynnau, y swyddogaeth fel ffynhonnell deunyddiau crai, a'r swyddogaeth fel archifau daearegol ac archaeolegol.

Nid oes un diffiniad unigol o swyddogaethau pridd. Dangosodd Vogel *et al.* (2019) (Ffigur 3) gyfosodiad gwahanol swyddogaethau pridd a'u cyd-ddibyniaeth. Awgrymon nhw y byddai cyflawni swyddogaeth gan bridd, yn gyffredinol, yn effeithio ar y graddau y gallai gyflawni swyddogaethau eraill. Er enghraifft, ar ddarn penodol o dir, mae'n debygol y bydd penderfyniad ffermwr i newid defnydd tir neu ei reolaeth e.e. drwy blannu coedwig yn lle cae neu borfa, y mae da byw'n bwydo

arno (Renison *et al.*, 2010), neu drwy newid o arferion amaethyddol diwydiannol i fath o amaethyddiaeth cadwraeth neu ffermio organig, yn cael effaith amlwg ar dreiddiad dŵr i lawr proffil y pridd, a fydd yn ei dro yn effeithio ar ailgyflenwi dŵr daear a/neu hidlo cemegau (Baveye *et al.*, 2016).



Ffigur 3. Darlun sgematig o wahanol swyddogaethau priddoedd yn ôl dosbarthiad Blum (1988). Mae'r chwe chategori o swyddogaethau pridd yn cyfateb, yn y drefn honno, i (a) echdynnu deunyddiau crai a dŵr, (b) cynnal adeiladau a strwythurau eraill yn ffisegol a wnaed gan ddyn, (c) cynhyrchu biomas, (d) hidlo, clustogi, storio, a thrawsnewidiadau cemegol/biocemegol, ac (e) cadwraeth bioamrywiaeth neu ddeunydd genetig a allai fod yn ddefnyddiol, yn ogystal â threftadaeth geogenig a diwylliannol. (Darlun gwreiddiol gan P. Baveye. Ffynhonnell: Vogel *et al.*, 2019).

Gwasanaethau ecosystem

Gwasanaethau ecosystem yw'r buddion mae pobl yn eu cael o ecosystemau (**Ffigur 4**). Maent yn dibynnu ar strwythurau ecosystem (e.e. elfennau ecosystem biotig ac anfiotig) ac ar eu cysylltiadau egnïol a materol h.y. eu swyddogaethau, ac ar y prosesau biolegol, cemegol a ffisegol sy'n sail iddynt.

Grwpiodd Asesiad Ecosystem y Mileniwm 2005 wasanaethau ecosystem yn bedwar categori: (i) gwasanaethau darparu (bwyd uniongyrchol neu anuniongyrchol i bobl, dŵr croyw, pren, ffibr a thanwydd); (ii) gwasanaethau rheoleiddio (rheoleiddio nwy a dŵr, hinsawdd, llifogydd, erydu, prosesau biolegol megis peillio a chlefydau); (iii) gwasanaethau diwylliannol (esthetig, ysbrydol, addysgol a hamdden); a (iv) gwasanaethau ategol (ailgylchu maethynnau, cynhyrchu, cynefin, bioamrywiaeth) (Asesiad Ecosystem y Mileniwm, 2005).

Gellir deall gwasanaethau ecosystem pridd fel llif o stociau cyfalaf naturiol pridd sydd o fudd i bobl ac y gellir eu dosbarthu yn wasanaethau rheoleiddio, darparu a diwylliannol (Dominati *et al.*, 2010).

Hefyd, mae gwasanaethau, swyddogaethau a phrosesau'n cael eu sbarduno gan nodweddion pridd. Yn gyffredinol, mae nodweddion yn uniongyrchol fesuradwy ac yn mynegi nodweddion cemegol (er enghraifft, pH), ffisegol (dwysedd a chydgasgliad) a biolegol (cymunedau fflora a ffawna) (Rodrigues *et al.*, 2021). Deallir mai ystyr prosesau pridd yw trawsnewid mewnbynau'n gynhyrchion, er enghraifft, dadelfennu deunydd organig i ffurfio hwmws neu gywasgu'r pridd sy'n lleihau ymdreiddiad ac yn hyrwyddo dŵr ffo (Dominati *et al.*, 2010).



Ffigur 4. Trysorau naturiol Ewrop: map o ddsbarthiad gwasanaethau ecosystem yn Ewrop (Metzger *et al.* 2018)

Gwasanaethau ecosystem pridd

Dosbarthiad Rhyngwladol Cyffredin o Wasanaethau Ecosystem -CICES

Gall diffinio gwasanaethau ecosystem a gyflenwir gan briddoedd fod yn broblemus gan fod gwasanaethau ecosystem yn ganlyniad i ryngweithiadau rhwng sawl adran ecosystem fel arfer (Adhikari a Hartemink, 2016). Cynlluniwyd CICES i helpu i fesur, cyfrif ac asesu gwasanaethau ecosystem mewn ffordd safonedig ac mae'n un o nifer o deipolegau gwasanaethau ecosystem a ddefnyddir yn rhyngwladol. Dyma'r dosbarthiad mwyaf manwl, gyda thacsonomeg ieithyddol sy'n dilyn strwythur hierarchaidd llym ac sy'n ddylanwadol iawn yn yr Undeb Ewropeaidd (Czúcz *et al.*, 2018). Mae CICES yn diffinio 83 dosbarth penodol sy'n cynrychioli 56 o wasanaethau biotig a 27 o wasanaethau anfiotig. Yn unol â hynny, mae gwasanaethau ecosystem yn gysylltiedig â phridd os yw eu cyflenwad yn cael ei reoli'n uniongyrchol ac yn fesuradwy gan briddoedd a'u nodweddion, eu prosesau a'u swyddogaethau. O'r 83 dosbarth a ddiffinnir yn y CICES, nododd Paul *et al.* (2021) 29 dosbarth yr ystyriwyd eu bod yn gysylltiedig â phridd, yn cynnwys 14 o wasanaethau darparu a 15 o wasanaethau rheoleiddio a chynnal (Tabl 1). Nid oedd Paul *et al.* (2021) yn cynnwys unrhyw un o'r gwasanaethau diwylliannol a restrir yn CICES, gan nad yw gwasanaethau diwylliannol yn cael eu pennu'n uniongyrchol ac yn fesuradwy gan nodweddion, prosesau neu swyddogaethau pridd.

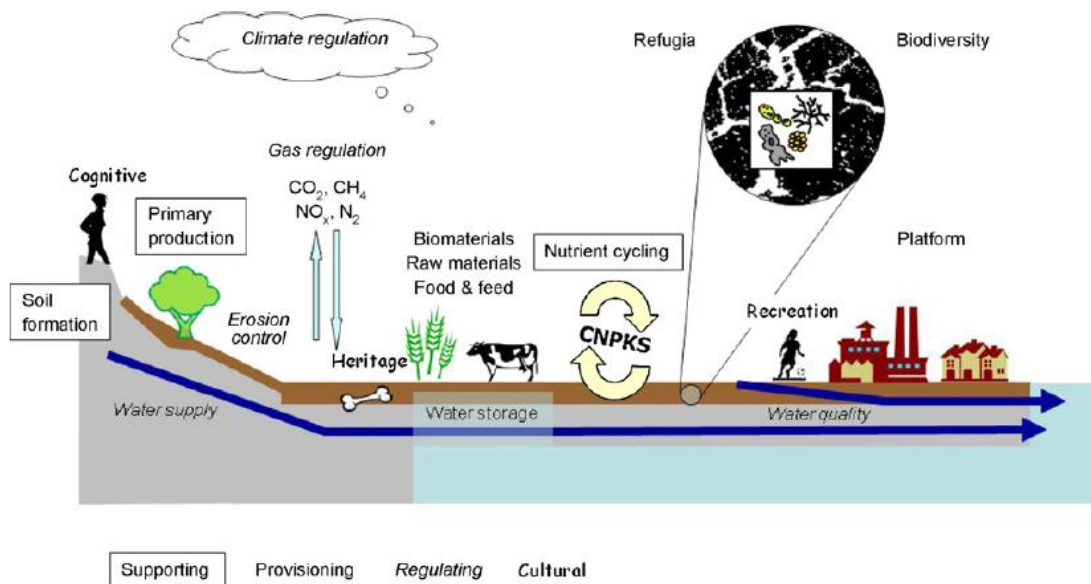
Tabl 1. Gwasanaethau ecosystem sy'n gysylltiedig â phridd. Enwau dosbarthiadau CICES Paul *et al.* (2021) i gynorthwyo dealltwriaeth.

CICES code	Biotic provisioning services	CICES code	Biotic regulation & maintenance services
1.1.1.1	Cultivated terrestrial plants for nutrition	2.1.1.1	Biotic remediation of waste
1.1.1.2	Cultivated terrestrial plants for materials	2.1.1.2	Biotic filtration, sequestration and storage of waste
1.1.1.3	Cultivated terrestrial plants for energy	2.2.1.1	Erosion control
1.1.5.1	Wild plants (terrestrial and aquatic) for nutrition	2.2.1.3	Hydrological cycle and flood control
1.1.5.2	Wild plants (terrestrial and aquatic) for materials	2.2.2.3	Nursery populations and habitats
1.1.5.3	Wild plants (terrestrial and aquatic) for energy	2.2.3.1	Pest control (including invasive species)
1.2.1.1	Genetic material from plants to maintain populations	2.2.3.2	Disease control
1.2.1.2	Genetic material from plants for breeding	2.2.4.1	Soil quality by weathering processes
	Abiotic provisioning services	2.2.4.2	Soil quality by decomposition and fixing processes
4.2.1.1	Surface water for drinking	2.2.5.1	Chemical condition of freshwaters
4.2.1.2	Surface water for non-drinking purposes	2.2.5.2	Chemical condition of salt waters
4.2.2.1	Groundwater for drinking	2.2.6.1	Chemical composition of atmosphere and oceans
4.2.2.2	Groundwater for non-drinking purposes	2.2.6.2	Local regulation of air temperature and humidity
4.3.1.1	Mineral substances for nutrition		Abiotic regulation & maintenance services
4.3.1.2	Mineral substances for materials	5.1.1.3	Abiotic filtration, sequestration and storage of waste
		5.2.1.2	Control of liquid flows

Awgrymodd Paul *et al.* (2021) fod gan ddsbarthiad CICES sawl problem wrth ei gymhwyso i briddoedd, gan gynnwys y gwahaniaeth rhwng gwasanaethau a ddarperir gan elfennau byw o'r ecosystem a gwasanaethau a ddarperir gan elfennau ecosystem abiotig. Gan fod priddoedd yn bodoli ar y croestoriad rhwng y pedosffer, yr atmosffer, yr hydrosffer a'r biosffer, fe awgrymon nhw fod y gwahaniaeth hwn yn broblemus. Tynnodd yr awduron sylw at werth cydweithredu agos rhwng ymchwil pridd a gwasanaethau ecosystem i sicrhau gwell ystyriaeth o briddoedd mewn diweddariadau CICES yn y dyfodol.

Categoriâu o wasanaethau ecosystem pridd

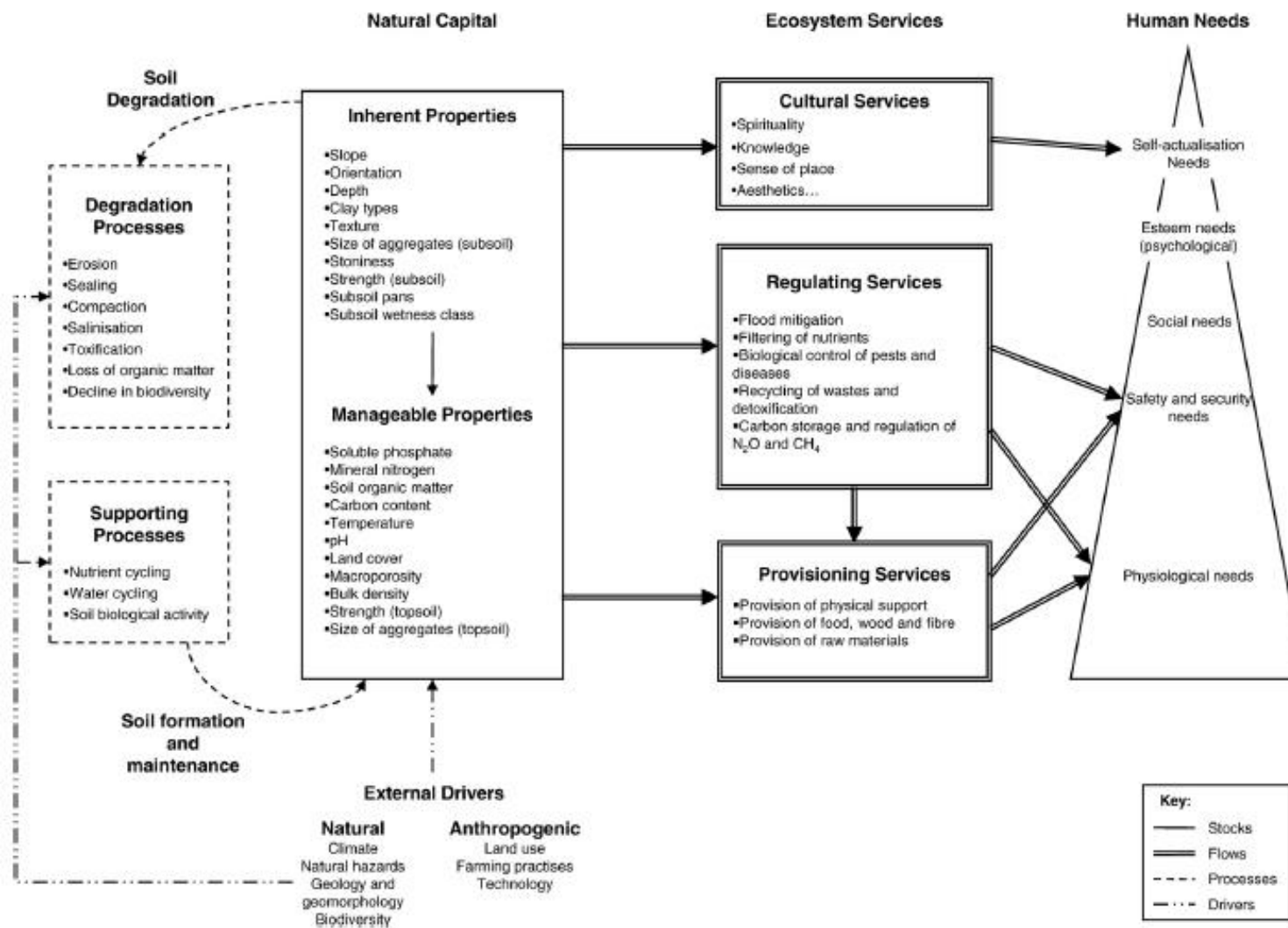
Mae nifer o awduron wedi categorioeddio'r nwyddau a'r gwasanaethau allweddol a ddarperir gan systemau pridd. Awgrymodd Haygarth a Ritz (2009) 18 categori o wasanaethau a swyddogaethau ecosystem a oedd yn berthnasol i briddoedd a defnydd tir yn y DU, sydd wedi'u crynhoi'n gysyniadol yn **Ffigur 5**.



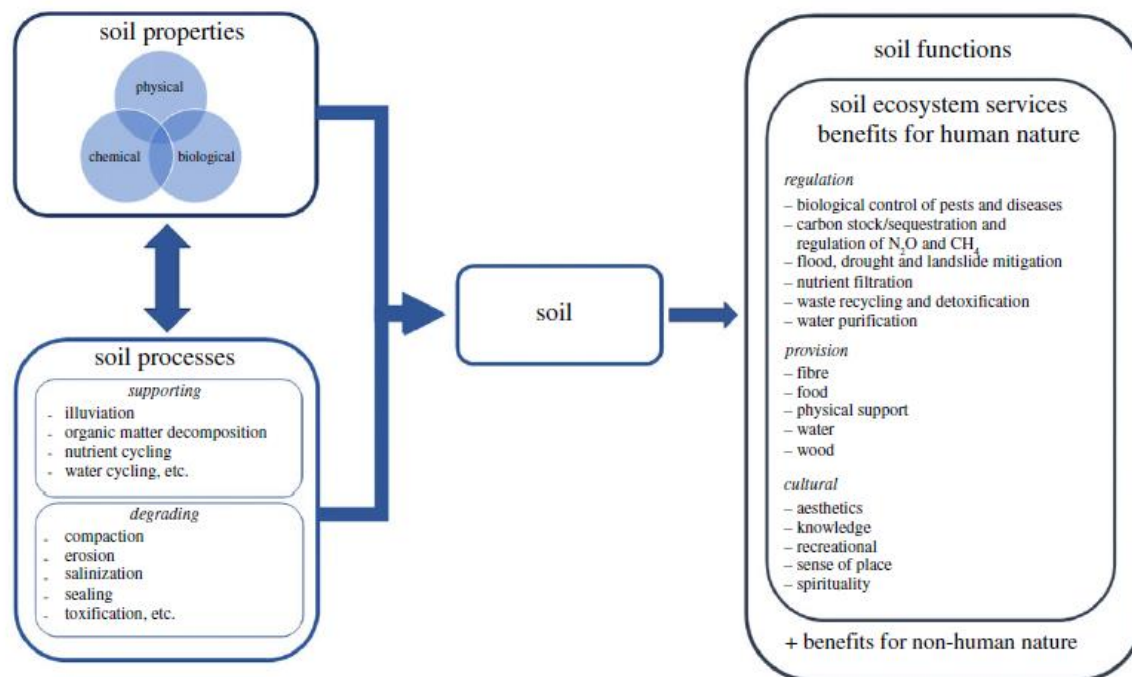
Ffigur 5. Categoriaddiad a natur y nwyddau a'r gwasanaethau ecosystem allweddol a ddarperir gan systemau pridd (Ffynhonnell: Haygarth a Ritz, 2009).

Cynigiodd Dominati *et al.* (2010) fframwaith cysyniadol ar gyfer dosbarthu, meintoli a modelu gwasanaethau ecosystem a chyfalaf naturiol pridd sy'n cysylltu gwasanaethau ecosystem pridd â chyfalaf naturiol pridd (**Ffigur 6**). Dangosodd sut yr effeithiodd sbardunau allanol ar brosesau sy'n sail i wasanaethau ecosystem a chyfalaf naturiol pridd a sut mae gwasanaethau ecosystem pridd yn cyfrannu at les pobl. Roedd y fframwaith yn cynnwys pum prif elfen ryng-gysylltiedig: (1) priddoedd fel cyfalaf naturiol; (2) ffurfiant, cynhaliaeth a dirywiad cyfalaf naturiol; (3) sbardunau prosesau pridd; (4) gwasanaethau darparu, rheoleiddio ac ecosystem pridd diwylliannol; a (5) anghenion dynol a gyflawnir gan wasanaethau ecosystem pridd. Tynnodd Rodrigues *et al.* (2021) sylw at fframwaith tebyg, gan ddefnyddio syniadau a gynigiwyd gan Dominati *et al.* (2010), Robinson *et al.* (2013); Baveye *et al.* (2016) a Baveye *et al.* (2020), **Ffigur 7**.

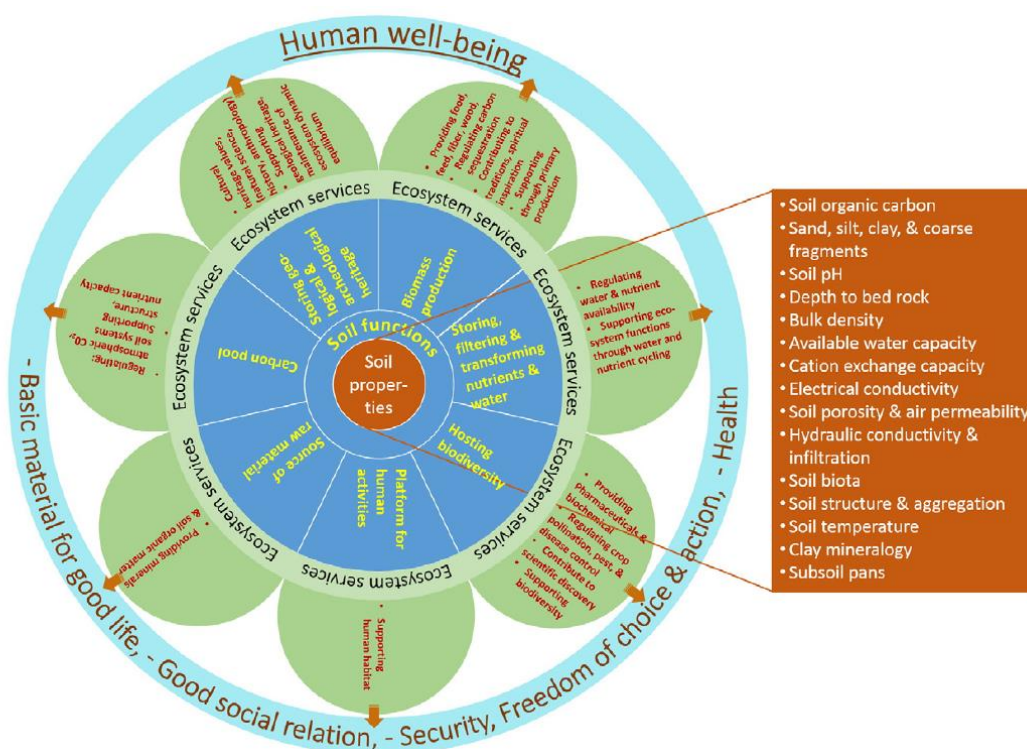
Archwiliodd Adhikari a Hartemink (2016) y berthynas rhwng priddoedd a gwasanaethau ecosystem drwy adolygiad o'r llenyddiaeth. Ymchwiliwyd i gysylltiadau rhwng pridd a gwasanaethau ecosystem drwy ddiagram (**Ffigur 8**) sy'n cysyniadu cysylltiad priodoleddau pridd allweddol â gwasanaethau ecosystem drwy swyddogaethau pridd. Cynhyrwyd tabl sy'n cysylltu gwasanaethau ecosystem penodol â'r priodoleddau pridd penodol (**Tabl 2**).



Figur 6. Fframwaith ar gyfer darparu gwasanaethau ecosystem o gyfalaf naturiol pridd (Ffynhonnell: Dominati *et al.*, 2010).



Figur 7. Framwaith enghreifftiol gwasanaethau ecosystem pridd a'u cysyniadau cysylltiedig – nodweddion pridd, prosesau pridd a swyddogaethau pridd (Ffynhonnell: Rodrigues *et al.*, 2021).



Figur 8. Diagram cysyniadol sy'n cysylltu nodweddion pridd allweddol â gwasanaethau ecosystem drwy swyddogaethau pridd ar gyfer lles pobl (ffynhonnell: Adhikari a Hartemink, 2016).

Tabl 2. Rhestr o nodweddion pridd sy'n gysylltiedig â darparu a rheoleiddio gwasanaethau ecosystem (Ffynhonnell: Adhikari a Hartemink, 2016).

Nodwedd pridd	Gwasanaethau darparu				Gwasanaethau rheoleiddio						
	Bwyd, tanwydd a ffibr	Deunyddiau crai	Cronfa enynnau	Cadw dŵr, dŵr croyw	Rheoleiddio hinsawdd a nwy	Rheoleiddio dŵr	Rheoli llifogydd ac erydu	Peillio, gwasgaru hadau	Rheoleiddio plâu a chlefydau	Atafaelu carbon	Puro dŵr
Carbon organig pridd											
Tywod, silt, clai ac ysgyrion bras											
pH											
Dyfnnder i greigwely											
Dwysedd swmp											
Capasiti dŵr sydd ar gael											
Capasiti cyfnewid cationau											
Dargludedd trydanol											
Mandylledd pridd ac athreiddedd aer											
Dargludedd hydrolig ac ymdreiddiad											
Biota pridd											

Strwythur a chydgasgliad pridd											
Tymheredd pridd											
Mwynoleg clai											
Cletiroedd isbridd											

Tabl 3. Rhestr o nodweddion pridd sy'n gysylltiedig â gwasanaethau ecosystem diwylliannol ac ategol (Ffynhonnell: Adhikari a Hartemink, 2016).

Nodwedd pridd	Gwasanaethau diwylliannol				Gwasanaethau ategol		
	Hamdden, ecodwristiaeth	Esthetig, ymdeimlad o le	Gwybodaeth, addysg, ysbrydoliaeth	Treftadaeth ddiwylliannol	Hindreulio, ffurfiant pridd	Cylchdroi maethynnau	Darparu cynefin
Carbon organig pridd							
Tywod, silt, clai ac ysgyrion bras							
pH							
Dyfnder i greigwely							
Dwysedd swmp							
Capasiti dŵr sydd ar gael							
Capasiti cyfnewid cationau							
Dargludedd trydanol							
Mandyllledd pridd ac athreiddedd aer							
Dargludedd hydrologig ac ymdreiddiad							
Biota pridd							
Strwythur a chydgasgliad pridd							
Tymheredd pridd							
Mwynoleg clai							
Cletiroedd isbridd							

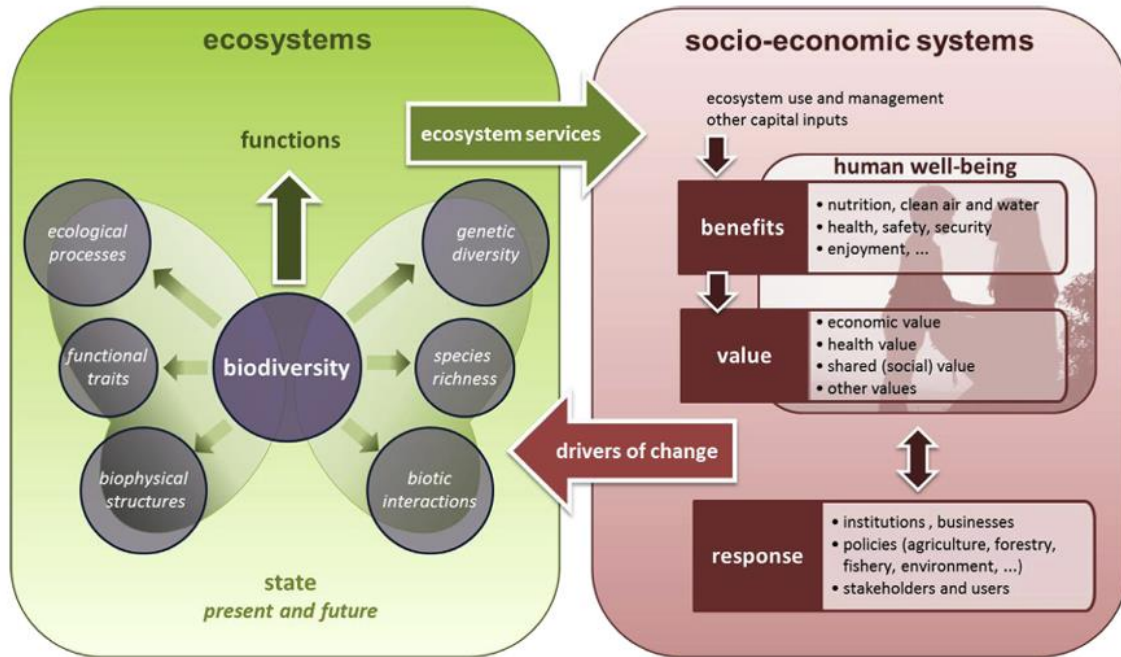
Mapio gwasanaethau ecosystem

Nododd Spake *et al.* (2019) fod penderfynu ble i dargedu rheolaeth i wella cyfalaf naturiol a'r gwasanaethau ecosystem y mae'n eu darparu yn her fawr o ran cynaliadwyedd. Mae cyflawni'r ddealltwriaeth hon yn anodd, o ystyried bod effeithiau'r rhan fwyaf o gamau gweithredu yn amrywio yn ôl amodau amgylcheddol ehangach; ac nid yw'r ddibyniaeth hon ar gyd-destun yn cael ei deall yn dda fel arfer.

Mae mapiau'n hwyluso'r broses o wneud penderfyniadau drwy ddarparu ffordd effeithlon o gyfleu gwybodaeth gymhleth drwy gynrychiolaeth weledol, ac maent yn werthfawr wrth gynllunio cadwraeth systematig i sicrhau capasiti hirdymor ecosystemau i ddarparu gwasanaethau ecosystem (Schröter *et al.*, 2014; Gonzalez-Redin *et al.*, 2016). Un her fawr yw cymhlethdod y cysylltiadau rhwng cyflwr ecosystem a gwasanaethau ecosystem a'r ffaith bod y cysylltiadau hyn yn amrywio'n fawr yn dibynnu ar faint y dadansoddiad na fydd yn cyd-fynd â graddfa cynllunio'r dirwedd (Cimon-Morin *et al.*, 2013; Maes *et al.*, 2012; Turkelboom *et al.*, 2018). Mae cysylltu nodweddion pridd â gwasanaethau ecosystem wedi'i wneud mewn sawl ffordd, gan gynnwys defnyddio barn rhanddeiliaid wrth bwysoli perthnasedd a phwysigrwydd nodwedd unigol (Rutgers *et al.*, 2012).

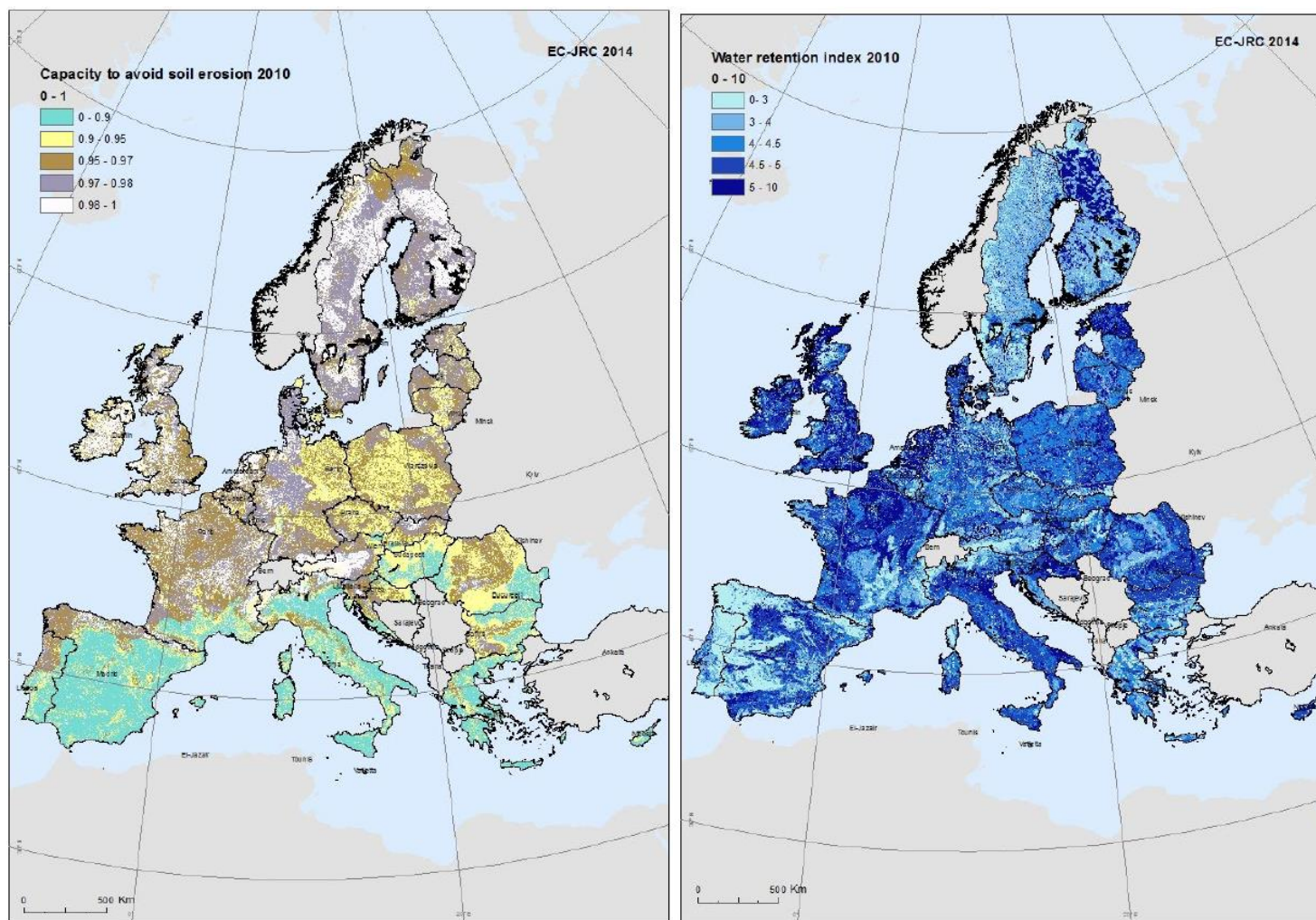
Mae mapiau'n ddefnyddiol ar gyfer blaenoriaethu penodol a nodi problemau yn ofodol, yn enwedig mewn perthynas â synergeddau a manteision ac anfanteision ymhlith gwahanol wasanaethau ecosystem, a rhwng gwasanaethau ecosystem a bioamrywiaeth (Maes *et al.*, 2013). Ymhellach, gellir defnyddio mapiau fel offeryn cyfathrebu i gychwyn trafodaethau â rhanddeiliaid, gan ddelweddu'r lleoliadau lle mae gwasanaethau ecosystem gwerthfawr yn cael eu cynhyrchu neu eu defnyddio ac esbonio perthnasedd gwasanaethau ecosystem i'r cyhoedd. Dangosodd Gret-Regamey *et al.*, 2013 fod integreiddio arbenigedd a gwybodaeth leol i'r broses foddelu yn bwysig er mwyn lleihau ansicrwydd a phrisio gwasanaethau ecosystem yn gywir. Gall mapiau gyfrannu at gynllunio a rheoli ardaloedd diogelu bioamrywiaeth ac felly at eu gwasanaethau ecosystem ar lefel is-genedlaethol. Yn aml, defnyddir data sylfaenol i fapio gwasanaeth darparu e.e. cyflenwad bwyd neu ffibr, tra bod llawer o wasanaethau rheoleiddio, ategol a diwylliannol yn dibynnu'n aml ar ddirprwyon ar gyfer eu meintoli (Maes *et al.*, 2012).

Daeth mapio gwasanaethau ecosystem yn fwy amlwg yn Ewrop o dan Strategaeth Bioamrywiaeth yr UE hyd at 2020 (Comisiwn Ewropeaidd, 2011). Gofynnodd Targed 2 (cynnal ac adfer ecosystemau a'u gwasanaethau) Cam Gweithredu 5 (Gwella gwybodaeth am ecosystemau a'u gwasanaethau yn yr UE) o'r Strategaeth i aelod-wladwriaethau weithio gyda'r Comisiwn i fapio ac asesu ecosystemau a'u gwasanaethau ar eu tiriogaeth genedlaethol. Gweithredwyd Cam Gweithredu 5 gan y gweithgor MAES ar Fapio ac Asesu Ecosystemau a'u Gwasanaethau; dechreuodd y gwaith yn ffurfiol ar 22 Medi 2011 gyda gweithdy rhanddeiliaid ym Mrwsel (Maes *et al.*, 2015). Ar ôl sawl iteriad o fewn y gweithgor ac yn dilyn ymgynghoriad â sawl rhwydwaith ymchwil bioamrywiaeth, mabwysiadwyd fframwaith terfynol i sicrhau mapio cydlynol ledled Ewrop, **Ffigur 9**. Mae'r fframwaith yn cysylltu systemau economaidd-gymdeithasol ag ecosystemau drwy wasanaethau ecosystem, a sbardunau newid sy'n rhoi pwysau ar ecosystemau, gan gynnwys eu bioamrywiaeth naill ai o ganlyniad i ddefnyddio'r gwasanaethau neu effeithiau anuniongyrchol oherwydd gweithgareddau dynol yn gyffredinol (Maes *et al.*, 2013).



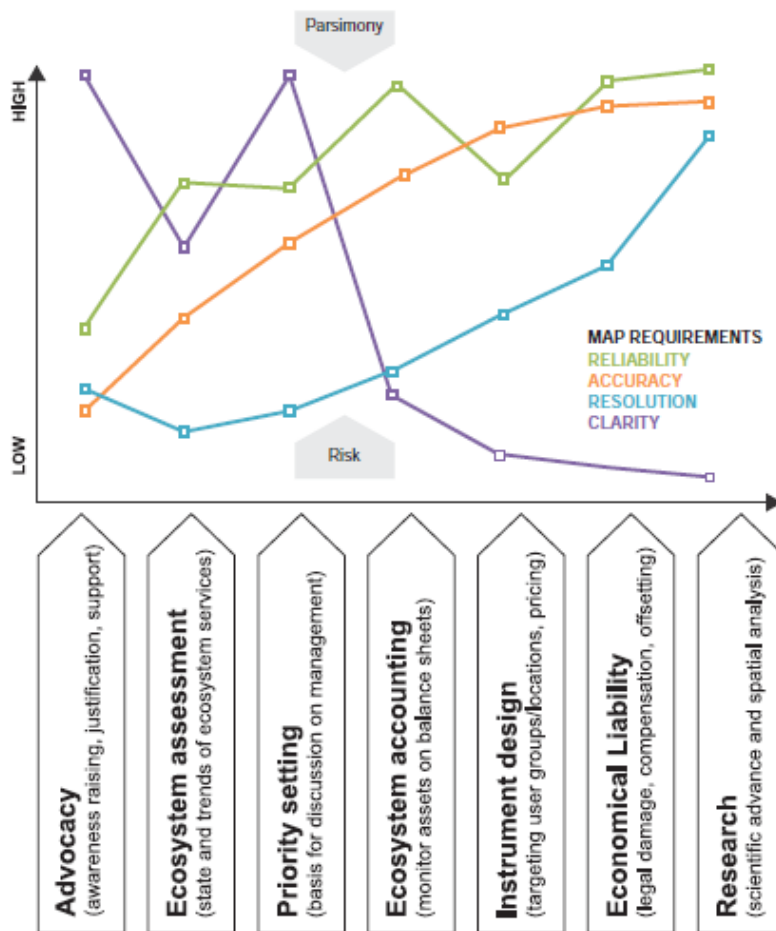
Ffigur 9. Fframwaith cysyniadol ar gyfer asesiadau ecosystem yr UE a chenedlaethol o dan Gam Gweithredu 5 Strategaeth Bioamrywiaeth yr UE hyd at 2020 (ffynhonnell: Maes *et al.*, 2013).

Cynhyrchwyd y mapiau naill ai gan ddefnyddio'r model ESTIMAP neu drwy leihau dangosyddion sydd ar gael ar raddfa genedlaethol i grid 10 km. Dangosir mapiau enghreifftiol ar gyfer 'capasiti i osgoi erydu pridd' a 'mynegai cadw dŵr' yn **Ffigur 10**.



Ffigur 10. Mapiau gwasanaethau ecosystem enghreifftiol, a. capasiti i osgoi erydu pridd a b. mynegai cadw dŵr (Ffynhonnell: Maes *et al.*, 2015)

Mae mapiau ar gyfer gwasanaethau ecosystem yn cael eu gwneud ar gyfer set eang o ddibenion. Awgrymodd Jacobs *et al.* (2017) y dylai'r rhain gynnwys eiriolaeth (codi ymwybyddiaeth, cyfiawnhad, cymorth penderfynu), asesu ecosystem, pennu blaenoriaeth, dylunio offer, cyfrifo ecosystem, atebolrwydd economaidd a dadansoddiad gofodol gwyddonol. Mae **Ffigur 11** yn dangos y cysylltiad damcaniaethol rhwng dibenion mapio a gofynion ansawdd.



Ffigur 11. Gofynion mapio gwasanaethau ecosystem yn ôl y diben (Ffynhonnell: Jacobs *et al.*, 2017).

Dulliau mapio

Darparodd gweithgor yr UE ar MAES arweiniad ymarferol drwy fframwaith asesu cyffredin, ynghyd â detholiad o ddangosyddion i fapio ac asesu cyflwr ecosystem a gwasanaethau ecosystem. Ad-drefnodd Burkhard *et al.* (2018) fframwaith MAES yn nifer o gamau ymarferol i'w dilyn i arwain y gwaith asesu ecosystem fel sy'n ofynnol gan Gam Gweithredu 5: (i) Mapio ecosystemau; (ii) Diffinio cyflwr yr ecosystem; (iii) Meintoli'r gwasanaethau a ddarperir gan yr ecosystem; a (iv) Crynhoi'r rhain mewn asesiad ecosystem integredig.

Mae'r fframwaith gweithredol ar gyfer MAES integredig a gynigiwyd yn cynnwys naw cam olynol (**Ffigur 12**):

- Cam 1: Nodi cwestiwn a thema.

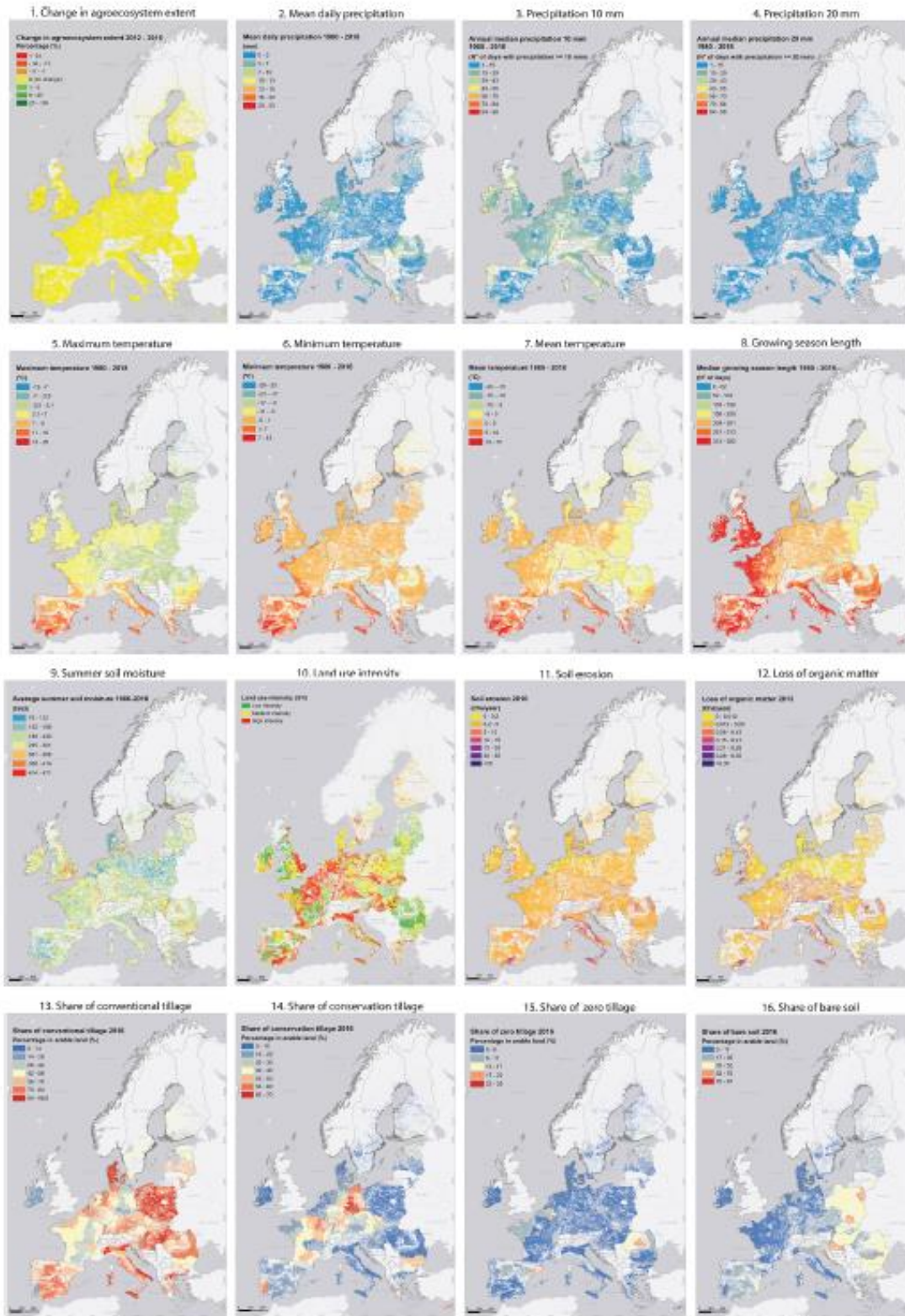
- Cam 2: Nodi mathau o ecosystem.
- Cam 3: Mapio'r mathau o ecosystem.
- Cam 4: Diffinio cyflwr ecosystem a nodi gwasanaethau ecosystem a ddarperir gan ecosystemau.
- Cam 5: Dewis dangosyddion ar gyfer cyflwr ecosystem a gwasanaethau ecosystem.
- Cam 6: Meintoli dangosyddion cyflwr ecosystem a gwasanaethau ecosystem.
- Cam 7: Mapio cyflwr ecosystem a gwasanaethau ecosystem.
- Cam 8: Integreiddio canlyniadau; a
- Cam 9: Lledaenu a chyfathrebu canlyniadau.

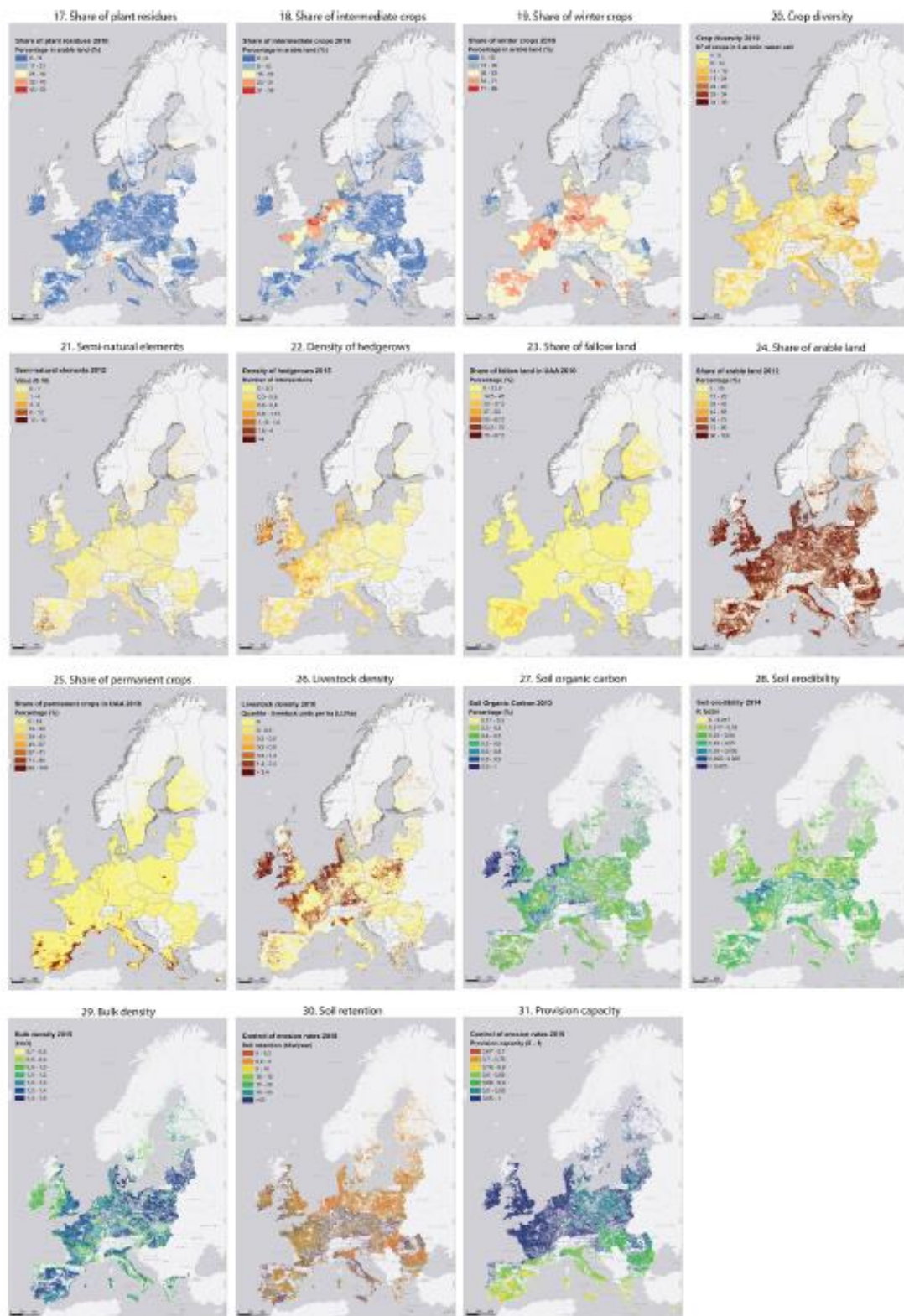


Ffigur 12. Fframwaith ar gyfer mapio ac asesu ecosystemau a'u gwasanaethau yn integredig. Yn seiliedig ar Burkhard *et al.* (2018) (Ffynhonnell: Rendon *et al.*, 2022).

Seiliodd Rendon *et al.* (2022) eu hasesiad ar y fframwaith ar gyfer mapio ac asesu ecosystemau a'u gwasanaethau yn integredig, a gynigiwyd gan Burkhard *et al.* (2018) a'r dangosyddion a gynigiwyd gan Maes *et al.* (2018). Fe wnaethant gyfrifo a mapio'r dangosyddion ar gyfer pwysau, cyflwr ecosystem a rheoli cyfraddau erydu gan ddefnyddio ystod eang o setiau data; mae'r mapiau sy'n cwmpasu dosbarthiad y dangosyddion yn yr ardal astudio gyfan yn **Ffigur 13**.

Aeth Rendon *et al.* (2022) ati i feintoli a mapio dangosyddion ar gyfer cyflwr ecosystem, pwysau amgylcheddol ac anthropogenig a rheoli erydu pridd. Archwiliodd yr awduron y cysylltiadau rhwng y dangosyddion priodol a chapasiti agroecosystemau i reoli erydu pridd ar draws parthau amgylcheddol (EZ). Mae'r canlyniadau'n pwysleisio y dylid dadansoddi patrymau yn y rhyngweithiadau cymhleth rhwng y gwasanaeth ecosystem hwn a dangosyddion cyflwr ecosystem ar raddfa is-Ewropeaidd i fynd i'r afael ag amrywiadau mewn tirweddau, hinsawdd ac felly prosesau a chyfraddau erydu. Ar lefel EZ, canfu fod rheolaeth cyfraddau erydu yn cydberthyn yn gadarnhaol â dangosyddion cyflwr lluosog ac yn negyddol â dangosyddion pwysau. Roedd y canlyniadau'n gymorth hefyd i nodi EZ lle dylid cymryd camau i liniaru'r pwysau amgylcheddol ac anthropogenig ar agroecosystemau a gwella eu cyflwr.





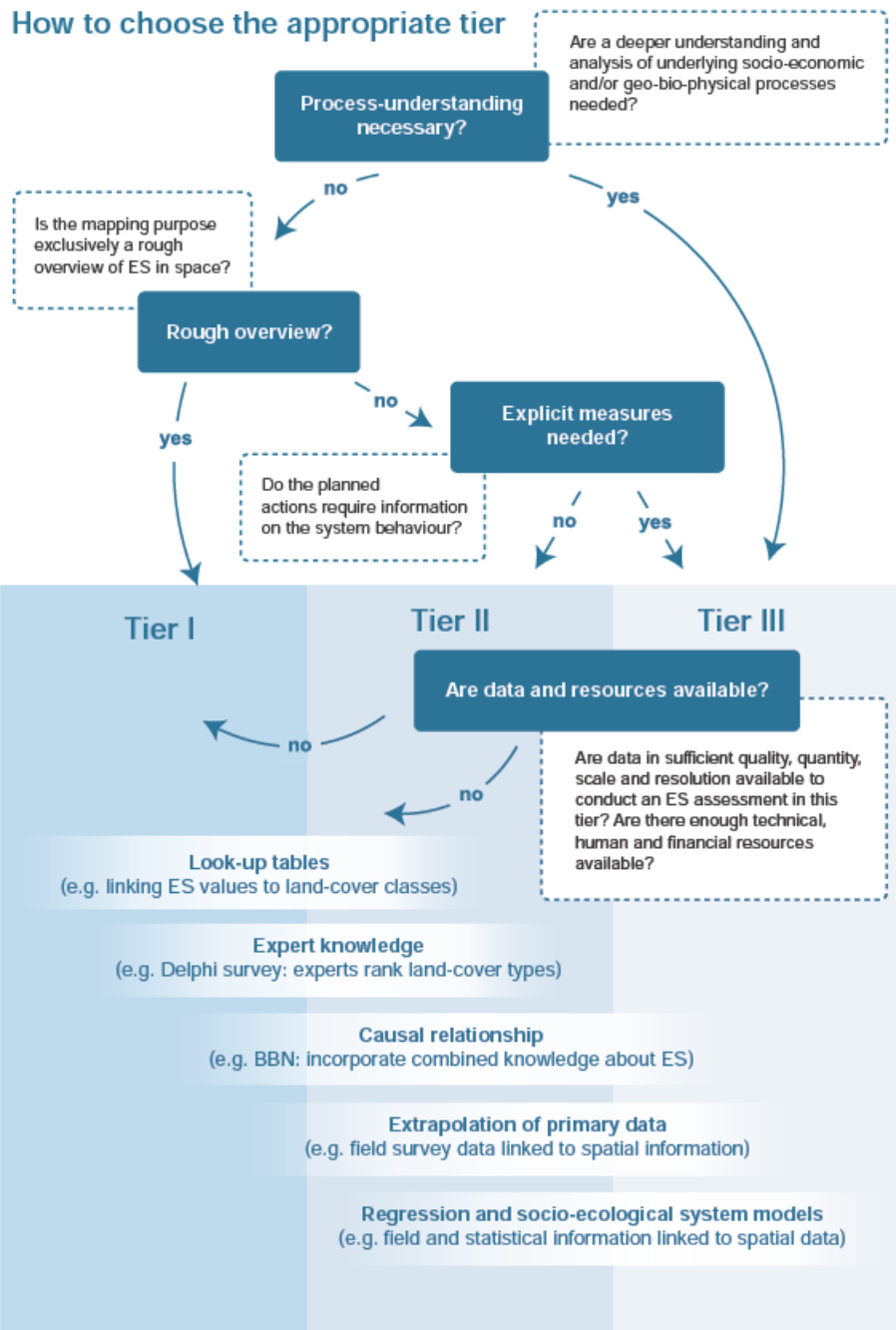
Figur 13. Mapiau o ddangosyddion o bwysau amgylcheddol, cyflwr ecosystem a chyfraddau rheoli erydu yn yr UE (am fapiau mwy, gweler Rendon *et al.*, 2022 [gwybodaeth ategol](#)).

Dulliau mapio

Awgrymodd Grêt-Regamey *et al.* (2017) y gellid dosbarthu dulliau mapio gwasanaethau ecosystem yn bum categori:

1. Dull syml a ddefnyddir yn eang sy'n cysylltu gwasanaethau ecosystem â gwybodaeth ddaearyddol, data gorchudd tir yn bennaf, ac y cyfeirir ato'n aml fel y dull "tabl cyfeirio". Defnyddir y data gorchudd tir fel dirprwyon ar gyfer cyflenwi gwahanol wasanaethau ecosystem (neu'r galw amdanynt). Gellir cael y gwasanaeth ecosystem yn y tabl cyfeirio o ystadegau megis cynnyrch cnwd ar gyfer cynhyrchu amaethyddol.
2. Dulliau sy'n dibynnu'n bennaf ar wybodaeth arbenigol, gan gynnwys amcangyfrifon arbenigol o werthoedd ecosystem mewn tablau cyfeirio, a dulliau eraill megis arolygon Delphi.
3. Y dull "perthynas achosol" sy'n amcangyfrif gwasanaethau ecosystem yn seiliedig ar gysylltiadau adnabyddus rhwng gwasanaethau a gwybodaeth ofodol o lenyddiaeth neu ystadegau. Er enghraifft, gellir amcangyfrif cynhyrchiant pren gan ddefnyddio ystadegau cynaeafu ar gyfer gwahanol ardaloedd, drychiadau a mathau o goedwigoedd a ddarperir mewn rhestr goedwigoedd genedlaethol.
4. Dulliau sy'n amcangyfrif gwasanaethau ecosystem sy'n deillio o ddata sylfaenol megis arolygon maes sy'n gysylltiedig â gwybodaeth ofodol.
5. Modelau atchweliad meintiol a system ecolegol-gymdeithasol sy'n cyfuno data maes gwasanaethau ecosystem yn ogystal â gwybodaeth o lenyddiaeth sy'n gysylltiedig â data gofodol.

Cynigiodd yr awduron ddull haenog o fapio gwasanaethau ecosystem yn seiliedig ar y goeden penderfyniadau yn **Ffigur 14**. Er enghraifft, gall haen 1 fod yn briodol os mai prif ddiben y map yw darparu trosolwg o wasanaethau ecosystem (e.e. digonedd neu bresenoldeb/absenoldeb), gall haen 2 fod yn addas pan fydd angen gwybodaeth am wasanaethau ecosystem ar lefel benodol o fanylder ond heb fod yn gysylltiedig â rheolaeth benodol a gall haen 3 fod orau ar gyfer gwerthuso mesurau rheoli yn glir (Grêt-Regamey *et al.*, 2017). Mae **Ffigur 14** yn cysylltu'r pum categori mapio (uchod) gyda gwahanol lefelau haen.



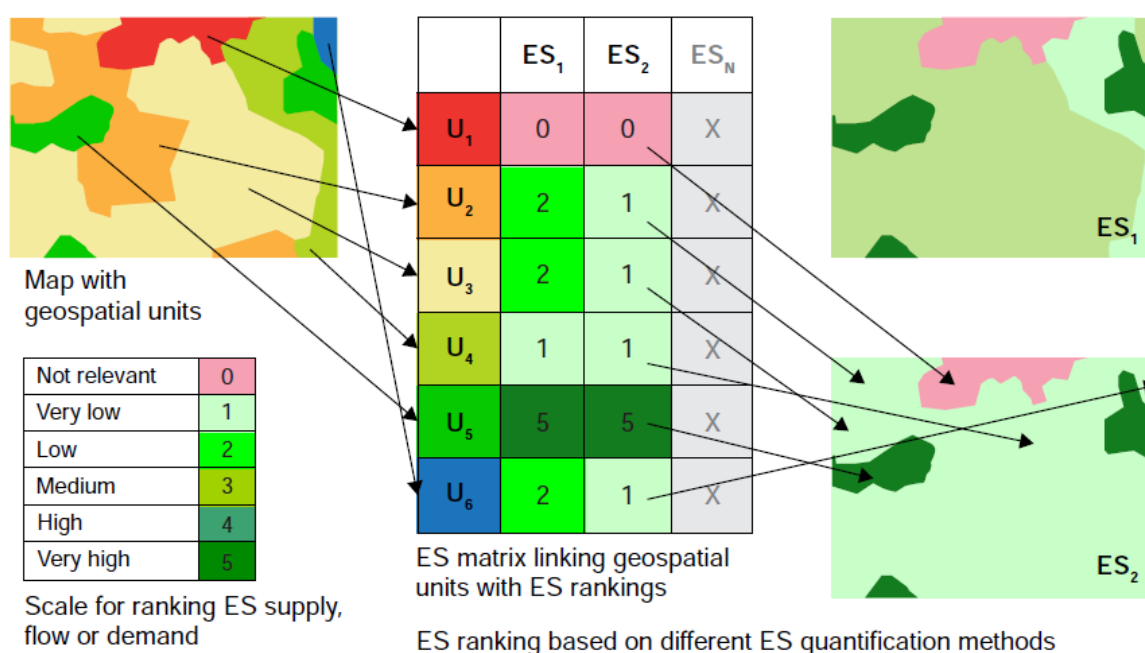
Ffigur 14. Coeden penderfyniadau sy'n arwain y dewis o haenau ar gyfer mapio ecosystem (Ffynhonnell: Grêt-Regamey *et al.*, 2017).

Matrics gwasanaethau ecosystem

Un dull mapio a ddefnyddir yn gyffredin yw'r dull 'matrics' ecosystem, sy'n cysylltu gwasanaethau ecosystem ag unedau gofodol geobioffisegol priodol (Burkhard, 2017). Mae'r cyflenwad, y llif a'r galw am y gwasanaeth yn cael eu graddio gan ddefnyddio graddfa gymharol sy'n amrywio o 0 i 5 (ddim yn berthnasol i uchel iawn, gweler **Ffigur 15**). Yn seiliedig ar normaleiddio graddfeydd fel hyn, mae modd cymharu gwahanol wasanaethau ecosystem a gellir asesu gwahanol bwyntiau mewn amser (gan gynnwys senarios). Mae'r awduron yn awgrymu y dylid defnyddio'r dulliau dosbarthu cyfnodau cyfartal i grwpio'r data i'r dosbarthiadau 0-5.

Fel y dangosir yn **Ffigur 15**, mae'r camau cymhwyso sylfaenol yn cynnwys:

1. Dewis yr ardal astudio gwasanaethau ecosystem.
2. Dewis unedau gofodol geobioffisegol perthnasol (llinellau matrices asesu/echel y).
3. Casglu data gofodol addas (e.e. data gorchudd tir/defnydd tir, map pridd).
4. Dewis gwasanaethau ecosystem perthnasol (colofnau matrices asesu/echel x).
5. Diffinio dangosyddion addas ar gyfer meintoli gwasanaethau ecosystem.
6. Meintoli dangosyddion gwasanaethau ecosystem (gan ddefnyddio dulliau amrywiol).
7. Normaleiddio gwerthoedd dangosyddion gwasanaethau ecosystem i'r raddfa 0-5 gymharol.
8. Rhyng-gysylltu unedau geo-ofodol a gwerthoedd gwasanaethau ecosystem wedi'u graddio yn y matrices.
9. Cysylltu graddfeydd 0-5 gwasanaethau ecosystem i unedau geo-ofodol i greu mapiau a
10. Dehongli, cyfathrebu a chymhwyso mapiau ecosystem sy'n deillio o hynny.



Ffigur 15. Trosolwg o'r dull matrices gwasanaethau ecosystem, yn seiliedig ar ddata mapiau geo-ofodol, y matrices gwirioneddol a mapiau gwasanaethau ecosystem sy'n deillio o hynny (Ffynhonnell: Burkhard, 2017).

Ansicrwydd sy'n gysylltiedig â'r dull matrices.

Mae'r matrices yn darparu canlyniadau sy'n ymwneud â phatrymau cyflenwad a galw gwasanaethau ecosystem mewn tablau cyfeirio a mapiau sy'n deillio o hynny drwy integreiddio data o wahanol ffynonellau. Fodd bynnag, nododd Burkhard (2017) yr ansicrwydd canlynol yn ymwneud â'r 10 cam cymhwyso:

- *Dewis yr ardal astudio gwasanaethau ecosystem.* Dylai ardal yr astudiaeth achos fod yn gynrychiadol o'r cwestiwn a'r rhanbarth dan sylw. Dylai adlewyrchu'r lleoliadau lleol, naturiol a diwylliannol penodol, y dull rheoli tir a'r amodau system ecolegol-gymdeithasol sy'n newid.
- *Dewis unedau gofodol geobioffisegol perthnasol.* Mae cyffredinoli a chategoreiddio tirweddau cymhleth i nifer cyfyngedig o ddsbarthiadau yn cynnwys symleiddio ac

ansicrwydd. Mae unedau gofodol yn dibynnu ar y data gofodol a maint yr ardal astudio hefyd.

- *Casglu data gofodol addas.* Yn aml mae argaeledd gwybodaeth (e.e. data bioffisegol priodol ar briddoedd) a mynediad at ddata yn cyfyngu ar astudiaethau gwasanaethau ecosystem cynhwysfawr. Gall ansicrwydd pellach fod yn seiliedig ar anghywirdebau mewn data gofodol a thematig ac anaddasrwydd graddfeydd gofodol ac amserol.
- *Dewis gwasanaethau ecosystem perthnasol.* Pa wasanaethau ecosystem sy'n berthnasol yn ardal yr astudiaeth achos a pha grwpiau defnyddwyr sy'n elwa? A yw gwasanaethau ecosystem yn cael eu mewnfurio i'r rhanbarth neu eu hallforio o'r rhanbarth? Yn enwedig ar gyfer astudiaethau sy'n cael eu sbarduno gan ddata, mae llawer o wasanaethau ecosystem yn cael eu hesgeuluso oherwydd argaeledd data.
- *Diffiniad o ddangosyddion addas ar gyfer meintoli ecosystem.* Dylai dangosyddion gwasanaethau ecosystem fod yn gadarn, yn addasadwy ac yn sensitif i newidiadau. Ar ben hynny, mae angen i gysylltiadau priodol rhwng dangosyddion a'r pynciau i'w dangos gael eu nodi a'u diffinio. Mae angen gwahanol ddangosyddion ar gyfer manteision ac anfanteision gwasanaethau ecosystem ac asesiadau synergedd.
- *Meintoli dangosyddion gwasanaethau ecosystem.* Gall ansicrwydd fod oherwydd diffyg data priodol ar gyfer meintoli gwasanaethau ecosystem a'r defnydd o ddangosyddion benthyg, ansicrwydd o ran data model, mesur ac ystadegol, diffyg cyfatebiaeth rhwng unedau gofodol data geobioffisegol a data ystadegol neu wybodaeth gyfyngedig am swyddogaethau ecosystem cymhleth.
- *Normaleiddio gwerthoedd dangosyddion gwasanaethau ecosystem.* Nid yw cymaroldeb data o wahanol ffynonellau, ansawdd a maint amrywiol ac ar draws gwahanol categorïau gwasanaethau ecosystem yn amlwg bob amser. Ar ben hynny, mae goddrychedd yn y gweithdrefnau sgorio a dosbarthiad y data yn cynnwys ansicrwydd.
- *Rhyng-gysylltu unedau geo-ofodol a gwasanaethau ecosystem yn y matrices gwasanaethau ecosystem.* Mae pennu cyfartaledd data gwasanaethau ecosystem dros ofod ac amser yn anodd. Fel arfer, mae gwasanaethau ecosystem yn cael eu cyflenwi'n unigol ac yn heterogenaidd ac nid yw cydgasglu data, modelau a dangosyddion heb golli gwybodaeth berthnasol yn rhwydd.
- *Cysylltu graddfeydd 0-5 gwasanaethau ecosystem i unedau geo-ofodol.* Gall diffyg cyfatebiaeth rhwng unedau gofodol dethol a gwasanaethau ecosystem, gan gynnwys diffiniad o wasanaeth priodol sy'n darparu ardaloedd a llif ecosystem arwain at ansicrwydd gyda mapiau gwasanaethau ecosystem. Mae gwybodaeth gyfyngedig am gysylltiadau cymhleth rhwng systemau ecolegol-gymdeithasol, allosod data i ranbarthau gwahanol neu fwy, cynrychiolaeth briodol gwasanaethau ecosystem lluosog a materion meddalwedd/data GIS yn ychwanegu ansicrwydd pellach hefyd.
- *Dehongli, cyfathrebu a chymhwyso mapiau gwasanaethau ecosystem sy'n deillio o hynny.* Gallai mapiau a ddyluniwyd yn wael a rhyngwynebau defnyddiwr terfynol annigonol achosi problemau dehongli. Gall data a mapiau gael eu camddehongli hefyd oherwydd diffyg gwybodaeth am yr ardal astudio neu ddifffyg gwybodaeth arbenigol, er enghraifft, ynghylch rhyngweithiadau rhwng rheoli tirwedd a chyflenwi gwasanaethau ecosystem. Mae gwybodaeth am wasanaethau ecosystem yn aml yn rhy gymhleth ac wedi'i chydgasglu gormod ar gyfer dealltwriaeth rwydd a chyflym. Yn y rhan fwyaf o achosion, nid yw dilysu modelau a mapiau a mesurau ansicrwydd neu ddibynadwyedd priodol yn cael eu darparu gyda'r map gwasanaethau ecosystem.

Mapiau enghreifftiol/dulliau mapio

Gwasanaethau ecosystem yn ucheldir Cymru

Aeth Hardaker *et al.* (2020) ati i adolygu a nodi gwasanaethau ecosystem a dadwasanaethau ecosystem a gyflenwyd gan ddefnydd ucheldir yng Nghymru a chymharu lefel gymharol y cyflenwad gan y ddau brif ddefnydd tir yn ucheldiroedd Cymru (a ddiffinnir fel yr Ardal dan Anfantis Fawr (SDA) o dan y dynodiad Ardal Lai Ffatriol (LFA) (Cyfarwyddeb y CE 75/268)). Yn yr astudiaeth hon, diffiniwyd gwasanaethau ecosystem fel llif gwasanaethau a nwyddau o ecosystemau sy'n darparu buddion i bobl (de Groot *et al.*, 2010; Haines-Young a Potschin, 2010) a diffiniwyd dadwasanaethau ecosystem fel lliffoedd dadwasanaethau sy'n darparu costau i bobl.

Defnyddiodd yr awduron adolygiad llenyddiaeth i bennu pa wasanaethau a dadwasanaethau ecosystem oedd gan y ddau brif ddefnydd tir (coedwigaeth ac amaethyddiaeth) a'u mathau cysylltiedig o orchudd tir yn ucheldiroedd Cymru y gallu i'w cyflawni. Fe ddefnyddion nhw ddata gofodol Arolwg Cynefinoedd Cam 1 Daearol (Cyfoeth Naturiol Cymru, 2018) i amlinellu mathau o orchudd tir fel dirprwyon ar gyfer strwythurau a swyddogaethau ecosystem sy'n cefnogi darparu gwasanaethau/dadwasanaethau ac felly'r gallu i gyflenwi gwasanaethau ecosystem.

Defnyddiodd Hardaker *et al.* (2020) fersiwn wedi'i haddasu o'r dull matrices (Burkhard *et al.*, 2010, 2012) i feintoli lefel y gwasanaeth a'r dadwasanaethau posibl a'r cyflenwad gwasanaethau ecosystem net (NES) ac i gysylltu hyn â mathau amrywiol o orchudd tir. Roedd y matrices yn cynnwys 12 gwasanaeth a dadwasanaeth ar echel x a'r mathau o ddefnydd tir a gorchudd tir ar echel y (Tabl 4). Ar y croestoriadau, asesodd yr awduron (yn seiliedig ar dystiolaeth o'r adolygiad llenyddiaeth) lefel y cyflenwad gwasanaethau ecosystem unigol ar gyfer gwahanol fathau o dir ar raddfa sy'n cynnwys 0 = dim cyflenwad, 1 = cyflenwad isel iawn, 2 = cyflenwad isel, 3 = cyflenwad cymedrol, 4 = cyflenwad uchel a 5 = cyflenwad uchel iawn. Ar gyfer dadwasanaethau, defnyddiwyd yr un raddfa ond gyda gwerthoedd negyddol. Pan oedd gan y gwasanaeth ecosystem analog ddadwasanaeth ecosystem, a phan oedd gan y math o orchudd tir y capasiti i gyflenwi naill ai'r gwasanaeth neu'r dadwasanaeth ecosystem, rhoddwyd sgôr o negyddol i gadarnhaol. Dangosir cynrychiolaeth ofodol cyflenwad gwasanaethau ecosystem, dadwasanaethau a chyflenwad ecosystem net yn Ffigur 16, Ffigur 17 a Ffigur 18 yn y drefn honno.

Tabl 4. Matrics asesu ansoddol: cyflenwad gwasanaeth a dadwasanaeth ecosystem posibl o ddefnydd tir amaethyddol a choedwigaeth ucheldirol yng Nghymru. Nodir cyflenwad gwasanaethau ecosystem posibl gan ddefnyddio graddfa pum pwynt sy'n amrywio o isel iawn (1), isel (2), cymedrol (3), uchel (4) i uchel iawn (5). Ar gyfer dadwasanaethau ecosystem, defnyddir graddfa pum pwynt negyddol yn amrywio o isel iawn (-1), isel (-2), cymedrol (-3), uchel (-4) i uchel iawn (-5), gyda 0 yn dangos dim tystiolaeth o ddarpariaeth. Lefel ansicrwydd: coch = ansicr, diffyg tystiolaeth, melyn = ansicr, tystiolaeth wrthgyferbyniol, gwyrdd = sefydledig ond tystiolaeth anghyflawn, glas golau = sefydledig, tystiolaeth gytunedig a glas tywyll = sicr, consensws uchel (Ffynhonnell: Hardaker *et al.*, 2020).

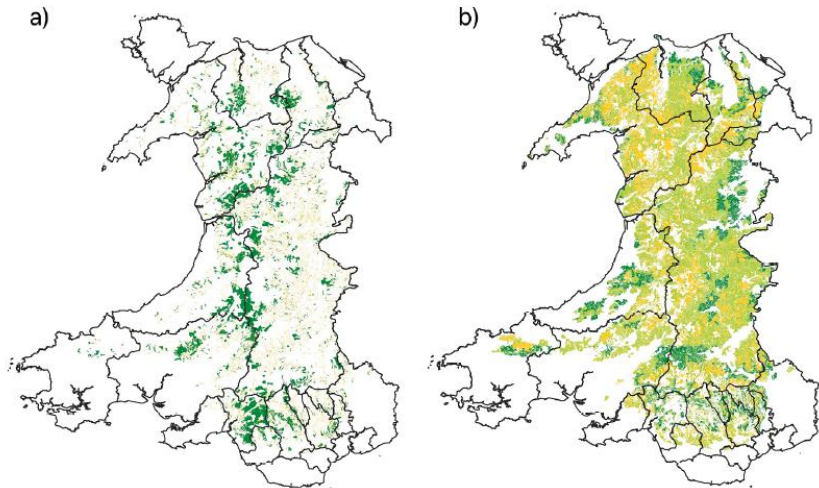
		Type of ecosystem services and dis-services (CICES Classification)															
		Provisioning					Regulation and maintenance				Cultural						
Upland land use	Associated land cover	Livestock production	Arable crops	Timber production	Water supply	Potable water quality	Carbon sequestration	Greenhouse gas emissions	Livestock shelter and shade	Local flood risk deviation	Employment	Landscape amenity/diversity	Recreation	Total potential ES supply score ²	Total potential EDS supply score ²	Total net potential ES supply score ²	
Forestry	Conifer	0	0	5	2	-2 to 1	5	-4	3	3	3	1	3	23	-6 to -4	19 to 23	
	Recently felled conifer	0	0	0	3	-3 to 0	1	0	0	-2	3	0	1	8	-5 to -2	3 to 8	
	Broadleaf	0	0	3	2	4	4	-3	3	2	2	4	4	28	-3	25	
	Recently felled broadleaf	0	0	0	3	-3 to 0	1	0	0	-2	2	0	1	7	-5 to -2	3 to 5	
	Mixed (conifer/broadleaf)	0	0	4	2	-2 to 2	4	-3	3	3	3	3	3	27	-5 to -3	22 to 24	
	Recently felled mixed	0	0	0	3	-3 to 0	1	0	0	-2	3	0	1	7	-5 to -2	2 to 5	
Agriculture	Unimproved grassland	2	0	0	3	-2	4	-3	0	-3	3	4	3	19	-8	11	
	Semi-improved grassland	3	0	0	3	-3	3	-4	0	-4	3	3	3	18	-11	7	
	Improved grassland	4	0	0	3	-4	3	-4	0	-5	4	2	3	19	-13	6	
	Marshy grassland	2	0	0	3	-2	4	-3	0	-3	2	4	3	18	-8	10	
	Ffridd	2	0	0	3	-2	4	-3	0	-3	2	4	3	18	-8	10	
	Heathland	2	0	0	3	-2	2	-3	0	-3	2	4	3	16	-8	12	
	Tall Herb and Fern	1	0	0	3	-2	2	-3	0	-3	2	3	2	13	-8	15	
	Mire	2	0	0	4	-2	3	-3	0	-3 to 3	2	4	2	20	-8 to -5	12 to 15	
	Arable	0	3	0	3	-4	1	-3	0	-5	3	2	2	14	-12	2	

Ecosystem Service Supply

- No Supply
- Very Low Supply
- Low Supply
- Moderate Supply
- High Supply
- Very High Supply

Contains Terrestrial Phase 1 Habitat Data © CNC/NRW All Rights Reserved.
 Contains Ordnance Survey Data.
 Ordnance Survey Licence Number 100019741

15 0 15 30 45 60 75 km



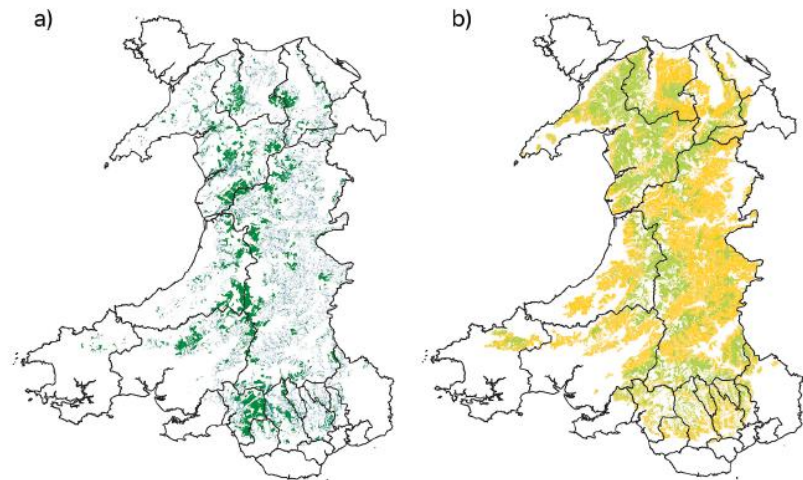
Ffigur 16. Cyflenwad gwasanaethau ecosystem o a) coedwigaeth ucheldirol a b) defnydd tir amaethyddol yng Nghymru. Mae'r gwasanaethau ecosystem yn cynnwys cynhyrchu da byw, cnydau âr, cynhyrchu pren, atafaelu carbon, lliniaru perygl llifogydd lleol, cynnal ansawdd dŵr yfed, cyflogaeth a hamdden. Crëwyd y mapiau gan ddefnyddio'r raddfa ganlynol: 0 = dim cyflenwad, 1 i 6 = cyflenwad isel iawn, 7 i 12 = cyflenwad isel, 13 i 18 = cyflenwad cymedrol, 19 i 24 = cyflenwad uchel a > 25 = cyflenwad uchel iawn (Ffynhonnell: Hardaker *et al.*, 2020).

Ecosystem Dis-service Supply

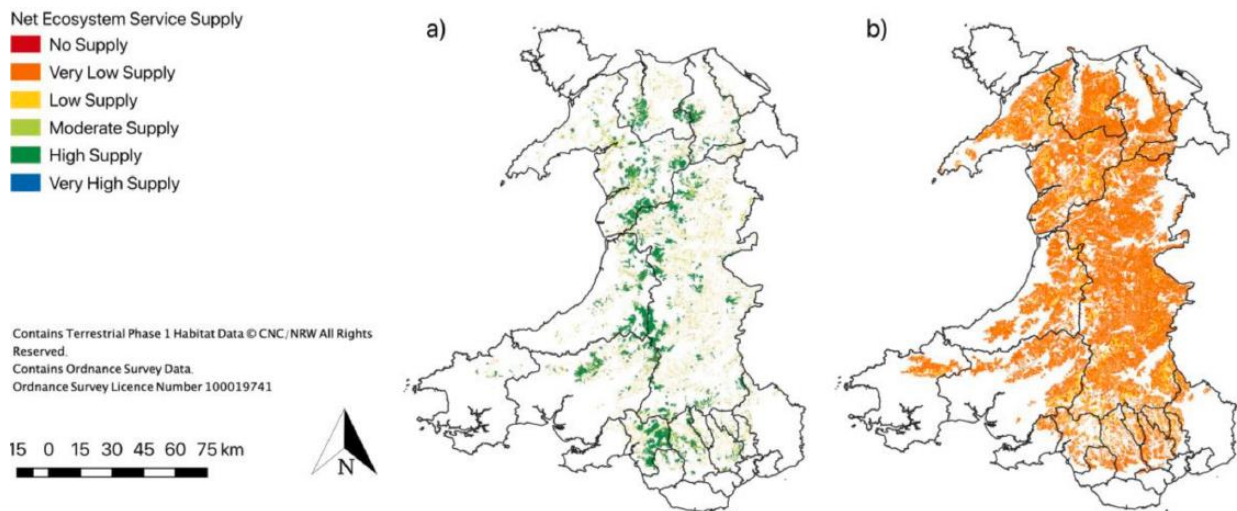
- No Supply
- Very Low Supply
- Low Supply
- Moderate Supply
- High Supply
- Very High Supply

Contains Terrestrial Phase 1 Habitat Data © CNC/NRW All Rights Reserved.
 Contains Ordnance Survey Data.
 Ordnance Survey Licence Number 100019741

15 0 15 30 45 60 75 km



Ffigur 17. Cyflenwad dadwasanaethau ecosystem o a) coedwigaeth ucheldirol a b) defnydd tir amaethyddol yng Nghymru. Mae'r dadwasanaethau ecosystem yn cynnwys mwy o berygl llifogydd lleol, allyriadau nwyon tŷ gwydr ac ansawdd dŵr yfed gwaeth. Crëwyd y mapiau gan ddefnyddio'r raddfa ganlynol: 0 = dim cyflenwad, -1 i -6 = cyflenwad isel iawn, -7 i -12 = cyflenwad isel, -13 i -18 = cyflenwad cymedrol, -19 i -24 = cyflenwad uchel a < -25 = cyflenwad uchel iawn (Ffynhonnell: Hardaker *et al.*, 2020).



Ffigur 18. Cyflenwad gwasanaethau ecosystem net o a) coedwigaeth ucheldirol a b) defnydd tir amaethyddol yng Nghymru. Mae'r cyflenwad gwasanaethau ecosystem net yn cynnwys y cyflenwad gwasanaethau ecosystem namyn y cyflenwad dadwasanaethau ecosystem. Mae'r gwasanaethau ecosystem yn cynnwys cynhyrchu da byw, cnydau âr, cynhyrchu pren, atafaelu carbon, lliniaru perygl llifogydd lleol, cynnal ansawdd dŵr yfed, cyflogaeth a hamdden. Mae'r dadwasanaethau ecosystem yn cynnwys mwy o berygl llifogydd lleol, allyriadau nwyon tŷ gwydr ac ansawdd dŵr yfed gwaeth. Crëwyd y mapiau gan ddefnyddio'r raddfa ganlynol: 0 = dim cyflenwad, 1 i 6 = cyflenwad isel iawn, 7 i 12 = cyflenwad isel, 13 i 18 = cyflenwad cymedrol, 19 i 24 = cyflenwad uchel a > 25 = cyflenwad uchel iawn (Ffynhonnell: Hardaker *et al.*, 2020).

Gwasanaethau ecosystem pridd yn Lloegr

Dull cynefinoedd

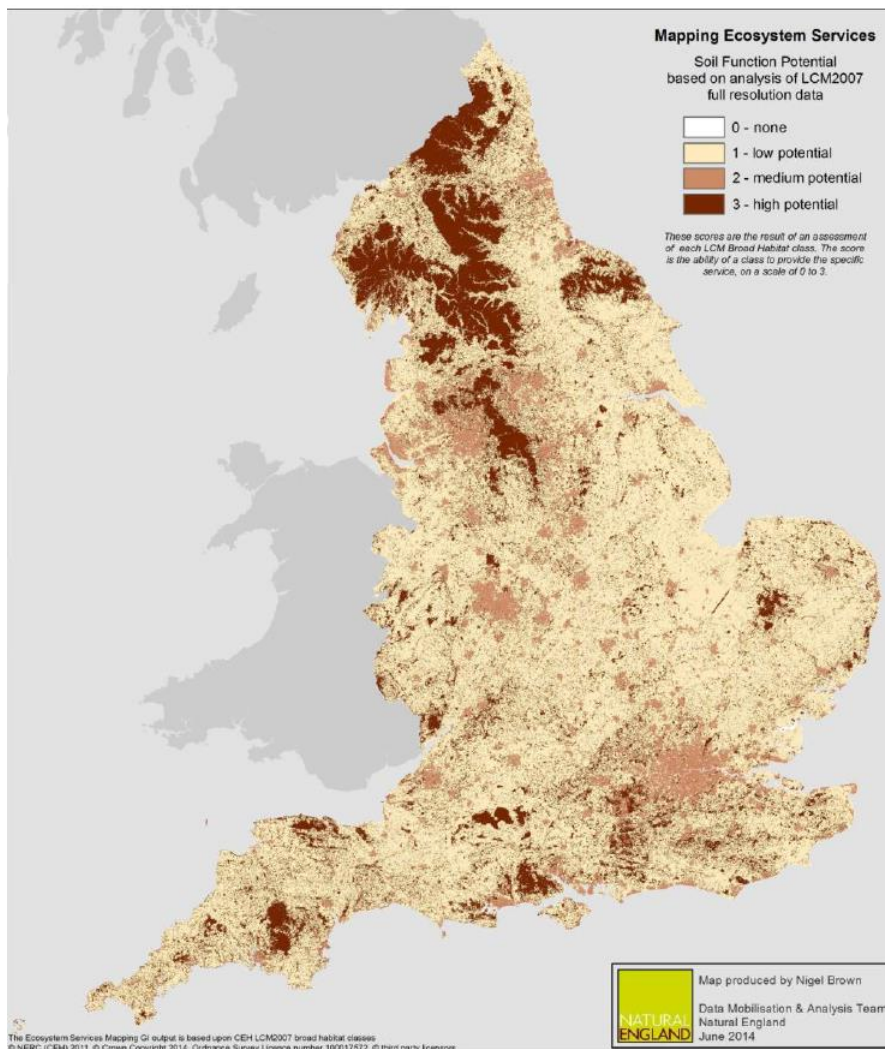
Mapiodd Natural England botensial swyddogaeth pridd yn seiliedig ar fathau o gynefinoedd, a sgoriwyd yn ôl eu potensial i ddarparu gwasanaethau pridd (Dales *et al.*, 2014), **Ffigur 19**. Roedd y map yn canolbwyntio ar y ffactorau a arweiniodd at briddoedd o ansawdd da yn hytrach na'r gwasanaethau terfynol mae priddoedd o ansawdd da yn helpu i'w rheoleiddio. Fodd bynnag, nododd yr awduron, er mwyn deall a mapio'r gwasanaeth hwn yn llawn, fod angen symud oddi wrth ddull sy'n seiliedig ar gynefinoedd, gan nodi fod y dull y maent wedi'i ddefnyddio ond yn dangos ble y gallai priddoedd o ansawdd da fodoli, ond nad yw dull mor eang, nad yw'n ansoddol, yn ddefnyddiol iawn. Daeth Dales *et al.*, 2014 i'r casgliad bod angen defnyddio data pridd yn ogystal â data cynefinoedd er mwyn galluogi datblygu map mwy cywir, ac i ddeall ymhellach pa wasanaethau eraill mae ansawdd pridd yn cyfrannu atynt.

1.1.1 Dull mapio pedwar cam

Defnyddiodd Butlin *et al.* (2015) fethodoleg mapio pedwar cam i fapio gwasanaethau ecosystem yn Lerpwl. Disgrifiodd y cam cyntaf, y cyfeirir ato fel mapio teipoleg, y seilwaith gwyrdd yn ardal yr astudiaeth sy'n defnyddio dosbarthiad gorchudd tir/defnydd tir cymysg. Disgrifiodd yr ail gam, y cyfeirir ato fel mapio swyddogaeth, y cyflenwad gwasanaethau ecosystem gan y seilwaith gwyrdd a nodwyd yn y cam cyntaf. Disgrifiodd y trydydd cam, y cyfeirir ato fel mapio anghenion, y galw am wasanaethau ecosystem yn ardal yr astudiaeth. Roedd y pedwerydd cam yn cyfuno allbynnau'r ail a'r trydydd cam i bennu ble roedd y galw'n cael ei ateb a ble nad oedd yn cael ei ateb (**Ffigur 20**). Awgrymodd yr awduron fod y cam olaf hwn yn arbennig o ddefnyddiol ar gyfer llywio polisi.

Table 7 Soil function - Habitat scoring table

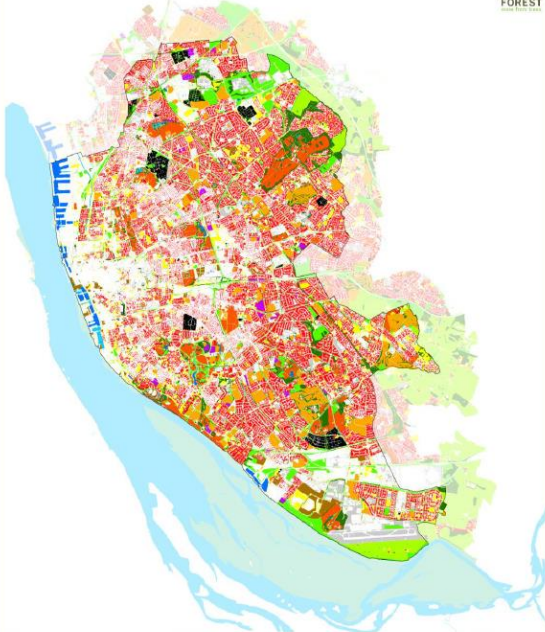
Sub habitat type	Score
Littoral rock	1
Littoral sediment	1
Supra-littoral rock	1
Supra-littoral sediment	1
Arable and horticulture	1
Improved grassland	1
Neutral grassland	1
Freshwater	2
Fen, Marsh & Swamp	3
Bog	3
Dwarf shrub heath	3
Inland rock	3
Montane habitats	3
Acid grassland	3
Calcareous grassland	3
Rough low-productivity grassland	3
Built up areas and gardens	2
Broad leaved, mixed, & yew woodland	3
Coniferous woodland	3



Ffigur 19. Map swyddogaeth pridd (Ffynhonnell: Dales *et al.*, 2014).

a.

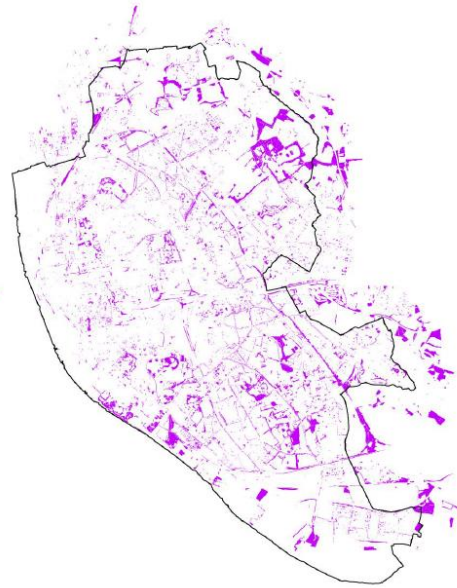
Liverpool City GI Typology



Reproduction from the Ordnance Survey mapping with permission of Her Majesty's Stationery Office © Crown Copyright. Unauthorised reproduction infringes the Crown Copyright and may lead to prosecution or civil proceedings. TMF Licence No. 100031461 (2010)

b.

Noise Absorption



Reproduction from the Ordnance Survey mapping with permission of Her Majesty's Stationery Office © Crown Copyright. Unauthorised reproduction infringes the Crown Copyright and may lead to prosecution or civil proceedings. TMF Licence No. 100031461 (2010)

c.

Greatest need for Noise Absorption

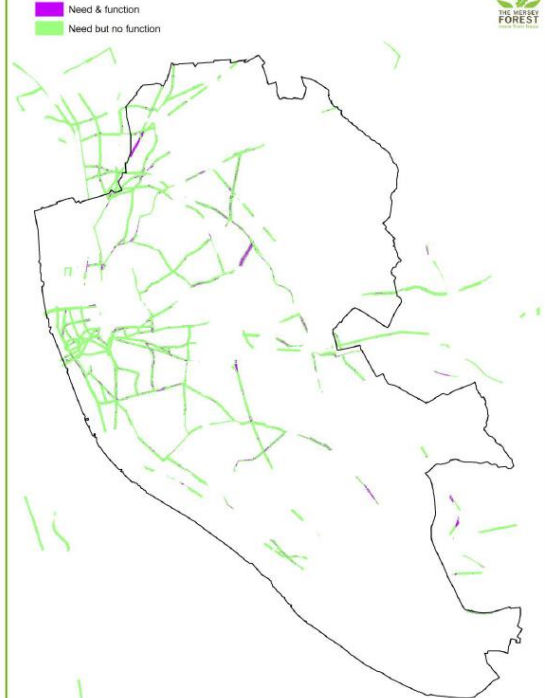
(population density >5,000/km² in 2008, 2014 or 2024 within 30m of motorways, A roads or railways)



Reproduction from the Ordnance Survey mapping with permission of Her Majesty's Stationery Office © Crown Copyright. Unauthorised reproduction infringes the Crown Copyright and may lead to prosecution or civil proceedings. TMF Licence No. 100031461 (2010)

d.

Noise Absorption



Reproduction from the Ordnance Survey mapping with permission of Her Majesty's Stationery Office © Crown Copyright. Unauthorised reproduction infringes the Crown Copyright and may lead to prosecution or civil proceedings. TMF Licence No. 100031461 (2010)

Ffigur 20. a. teipoleg, b. cyflenwad gwasanaeth, c. y galw am y gwasanaeth a d. y galw wedi'i ddiwallu/heb ei ddiwallu (Ffynhonnell: Butlin *et al.*, 2015).

Dull sgorio gorchudd tir.

Defnyddiodd Smith a Dunford (2018) ddull sgorio gorchudd tir mewn perthynas ag astudiaeth achos o Swydd Warwick, Coventry a Solihull (WC&S) fel rhan o'r prosiect OpenNESS a ariennir gan yr UE (Gweithredu gwasanaethau ecosystem a chyfalaf naturiol). Roedd y dull hwn yn addas iawn i WC&S gan fod arolwg manwl o Asesiad Cynefinoedd a Bioamrywiaeth (HBA) Cam 1 ar gael.

Sgoriodd arbenigwyr 16 dosbarth gorchudd tir allweddol o'r HBA yn seiliedig ar gapasiti'r gorchudd tir i ddarparu pob gwasanaeth ecosystem, gan ddefnyddio system chwe dosbarth (h.y. o 0 i 5), gyda sero yn ddim capasiti darparu a 5 yn gapasiti darparu uchel iawn. Defnyddiwyd sgoriau canolrif rhanddeiliaid i greu matrices cryno ar gyfer y dosbarthiadau gorchudd tir allweddol hyn. Yn ogystal â sgorio gwasanaethau unigol, creodd Smith a Dunford (2018) sgoriau cyfartalog ar gyfer yr holl wasanaethau rheoleiddio, yr holl wasanaethau darparu, yr holl wasanaethau darparu bwyd a'r holl wasanaethau diwylliannol. Yna cymhwyswyd y sgoriau hyn i'r haen HBA o fewn GIS i gynhyrchu mapiau o bob gwasanaeth unigol neu grwpiau o wasanaethau, Ffigur 21. Er bod y dull yn syml iawn ac wedi'i seilio'n bennaf ar farn arbenigwyr, adroddodd Smith a Dunford (2018) fod rhanddeiliaid wedi gweld y mapiau'n ddefnyddiol iawn o ran dangos a delweddu darpariaeth gwasanaethau ecosystem yn WC&S. Roedd y gwelliannau a argymhellir i'r dulliau yn cynnwys dilysu sgoriau, addasiad i adlewyrchu cyflwr yr ecosystem a chymharu â mapiau a gynhyrchwyd gan ddefnyddio dulliau gwahanol.



Ffigur 21. Gwasanaeth ecosystem amddiffyn rhag llifogydd (Ffynhonnell: Smith a Dunford, 2018).

Gwasanaethau ecosystem pridd yn yr Alban

Disgrifiodd Aitkenhead a Coull (2018) fframwaith ar gyfer amcangyfrif dosbarthiad cyflenwad gwasanaethau ecosystem pridd yn seiliedig ar y cysyniad o luosi matrices (**Ffigur 22**). Roedd y dull hwn yn galluogi i gysylltiadau rhwng newidynnau pridd sylfaenol a nodweddion amgylcheddol cysylltiedig gael eu cysylltu â phrosesau pridd, ac felly â swyddogaethau ecosystem a gwasanaethau ecosystem.

Cyflawnwyd creu paramedrau'r cysylltiadau hyn gan ddefnyddio cyfuniad o ddata o Gronfa Ddata Priddoedd yr Alban a gwybodaeth arbenigol. Roedd data sylfaenol i ganiatáu mapio prosesau, swyddogaethau a gwasanaethau ar draws yr Alban yn deillio o fapiau digidol o ddosbarthiadau pridd. Roedd y dull lluosu matrices yn cyfyngu ar y cysylltiadau â chysylltiadau llinol ac yn anwybyddu synergeddau posibl rhwng ffactorau ar bob cam, ond roedd yn darparu mecanwaith ar gyfer cysylltu nodweddion pridd sylfaenol â gwasanaethau ecosystem.

$$\begin{array}{|c|c|c|} \hline & \text{Process A} & \text{Process B} \\ \hline \text{Parameter A} & i_1 & i_2 \\ \hline \text{Parameter B} & i_3 & i_4 \\ \hline \text{Parameter C} & i_5 & i_6 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & \text{Function A} & \text{Function B} & \text{Function C} & \text{Function D} \\ \hline \text{Process A} & j_1 & j_2 & j_3 & j_4 \\ \hline \text{Process B} & j_5 & j_6 & j_7 & j_8 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline & \text{Function A} & \text{Function B} & \text{Function C} & \text{Function D} \\ \hline \text{Parameter A} & i_1j_1 + i_2j_5 & i_1j_2 + i_2j_6 & i_1j_3 + i_2j_7 & i_1j_4 + i_2j_8 \\ \hline \text{Parameter B} & i_3j_1 + i_4j_5 & i_3j_2 + i_4j_6 & i_3j_3 + i_4j_7 & i_3j_4 + i_4j_8 \\ \hline \text{Parameter C} & i_5j_1 + i_6j_5 & i_5j_2 + i_6j_6 & i_5j_3 + i_6j_7 & i_5j_4 + i_6j_8 \\ \hline \end{array}$$

Ffigur 22. Y cysyniad o luosi matrices fel y'i cymhwysir i bamedrau, prosesau a swyddogaethau pridd (Ffynhonnell: Aitkenhead a Coull, 2018).

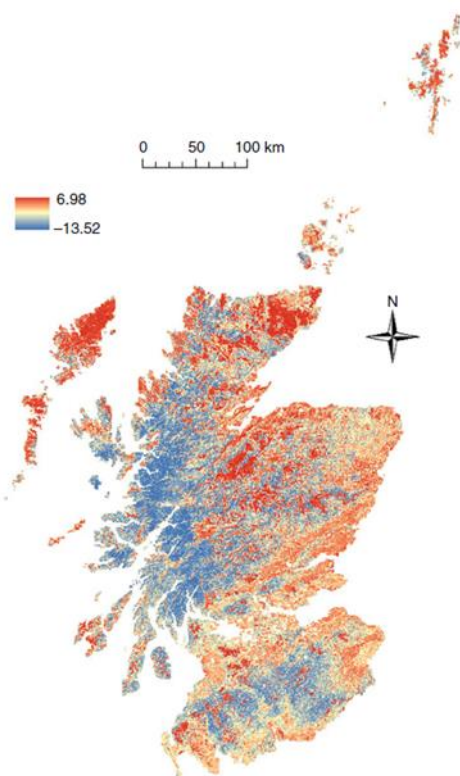
Mae'r gwerthoedd a roddir yn **Tabl 5** yn adlewyrchu'r wybodaeth sydd ar gael am gysylltiadau rhwng swyddogaethau pridd a gwasanaethau ecosystem; ar gyfer pob un o'r tri gwasanaeth ecosystem a roddwyd yn Nhabl 4, cynhaliwyd y mapio gan ddefnyddio'r un broses. Mae Aitkenhead a Coull (2018) yn nodi nad darparu dull o feintoli swyddogaethau pridd neu wasanaethau ecosystem yn gywir oedd bwriad y gwaith hwn; yn hytrach, y bwriad oedd darparu fframwaith lle gellid cynrychioli'r wybodaeth bresennol, nodi a mynd i'r afael â bylchau a nodweddu amlswyddogaethau priddoedd.

Dangosir mapiau o allu amaethyddol gwasanaethau ecosystem ac atafaelu carbon yn **Ffigur 23**. Mae pwysoliad uwch yn dangos bod y ddarpariaeth gwasanaethau ecosystem yn uwch yn yr ardaloedd hynny nag ydyw mewn ardaloedd â phwysoliad is. Er enghraifft, mae'r map gallu amaethyddol yn dangos gwerthoedd isel ar ardaloedd mwy serth ac uchel, a gwerthoedd canolig/uchel mewn ardaloedd iseldir ac ar arfordir y dwyrain lle mae llawer iawn o ffermio.

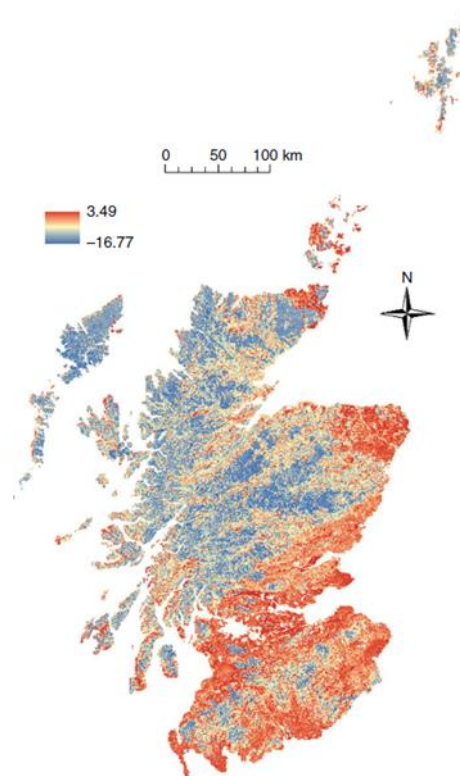
Tabl 5. Matrics o gryfderau cysylltiadau sy'n cysylltu swyddogaethau pridd â gwasanaethau ecosystem pridd (Ffynhonnell: Aitkenhead a Coull, 2018).

	Agricultural capability	Carbon sequestration	Drinking water provision
Water supply	1.0	1.0	1.0
Biocontrol/regulation of pests/diseases	0.5	0.0	1.0
Nutrient buffering	0.5	0.0	1.0
Nutrient availability	1.0	0.0	0.0
Capacity to maintain sufficient pollinators	1.0	0.0	0.0
Temperature buffering	0.0	0.5	0.0
Interception and infiltration	0.5	0.0	1.0
Support biodiversity	0.5	0.0	0.0
Nitrogen fixation	0.5	0.0	0.0
Nutrient cycling	0.0	-1.0	0.0
Peat accumulation	0.0	1.0	0.0
Primary production	0.5	1.0	0.0
Regulation of soil GHG emissions	0.0	1.0	0.0

a.



b.



Ffigur 23. Y pwysoliad a roddir i'r gwasanaeth ecosystem a. "Gallu Amaethyddol" a b. atafaelu carbon (Ffynhonnell: Aitkenhead a Coull, 2018).

Mapio gwasanaethau ecosystem yn Iwerddon

I gyflawni eu rhwymedigaethau o dan Gam Gweithredu 5 y Strategaeth Bioamrywiaeth, yn Iwerddon bu Parker *et al.* (2016) yn gweithio gyda rhanddeiliaid i nodi'r hyn yr oedd angen ei fapio a beth y gellid ei fapio, gan ystyried ffynonellau data gofodol cenedlaethol presennol a datblygu dangosyddion ar gyfer mapio gwasanaethau ecosystem cenedlaethol. Ceisiodd y prosiect nodi dangosyddion a oedd yn briodol ar gyfer meintoli'r cyflenwad a'r galw am wasanaethau ecosystemau, a chofnodi sut roeddent yn gysylltiedig â gwahanol gynefinoedd a'u nodweddion cysylltiedig.

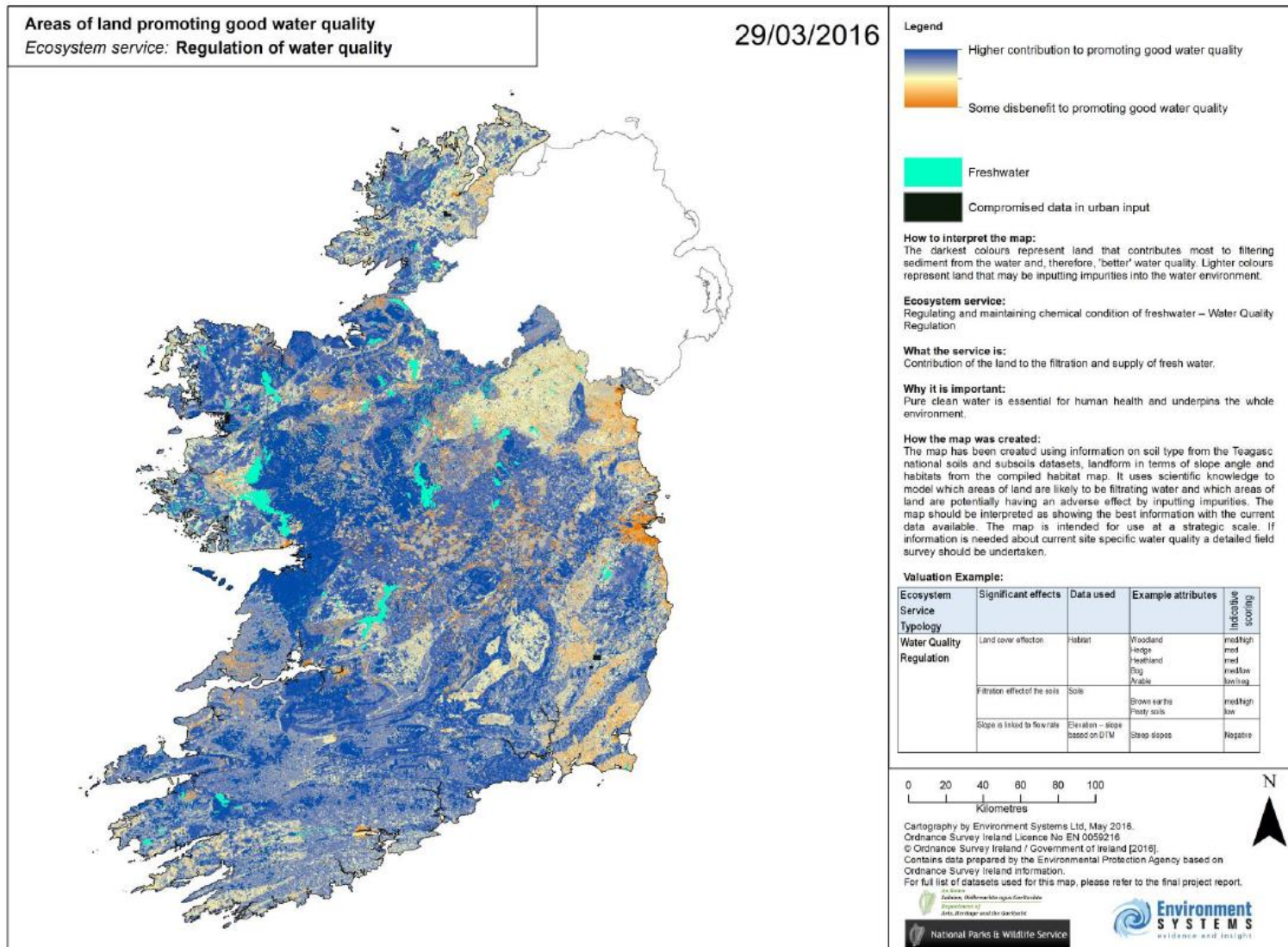
Yr offeryn mapio a ddefnyddiwyd oedd SENCE (Spatial Evidence for Natural Capital Evaluation), a ddewiswyd yn bennaf am ei allu i gael ei drin i dderbyn ystod eang o ffynonellau data ar wahanol raddfeydd a'i allu i ddarparu allbynnau ar gyfer amrywiaeth o wasanaethau ecosystem. Mae'n system GIS, sy'n caniatáu cymhwysio pwysoliad rhanddeiliaid, ac felly gynnwys gwybodaeth leol.

Defnyddiwyd yr offeryn i fodelu gwasanaethau ecosystem dethol i greu mapiau o wasanaethau, gan gynnwys:

- Tir sy'n storio dŵr dros dro
- Ardaloedd o dir sy'n hyrwyddo ansawdd dŵr da
- Carbon llystyfiant
- Carbon pridd
- Bwyd daearol
- Bioamrywiaeth ddaearol: Cynefinoedd, rheolaeth, rhwydweithiau ecolegol a rhywogaethau

Dywedodd Parker *et al.* (2016) fod y gwaith mapio ac asesu yn dibynnu ar y defnydd o 'ddangosyddion' neu fesurau 'benthyg' y gellid eu defnyddio i feintoli darpariaeth mewn ffordd fwy anuniongyrchol. Daethpwyd â gwybodaeth at ei gilydd gan ddefnyddio dull geowybodeg a oedd yn ystyried y data oedd ar gael yn ofodol ac yn feintiol gan ddefnyddio system 'rule-base' wyddonol yn seiliedig ar lenyddiaeth wyddonol a gwybodaeth leol. Roedd hyn yn galluogi i fapiau pwrpasol gael eu datblygu a oedd yn dangos yr amrywiad gofodol mewn darpariaeth gwasanaethau.

Dangosir y map ar gyfer rheoleiddio gwasanaethau ecosystem ansawdd dŵr yn **Ffigur 24**. Crëwyd y map gan ddefnyddio gwybodaeth am y math o bridd o setiau data priddoedd ac isbriddoedd cenedlaethol Teagasc, tirffurf o ran ongl llethr a chynefinoedd o'r map cynefinoedd sy'n deillio ohono. Roedd yn defnyddio gwybodaeth wyddonol i fodelu pa rannau o dir oedd yn debygol o fod yn hidlo dŵr a pha rannau o dir a allai gael effaith andwyol drwy fewnbynnu amhureddau.

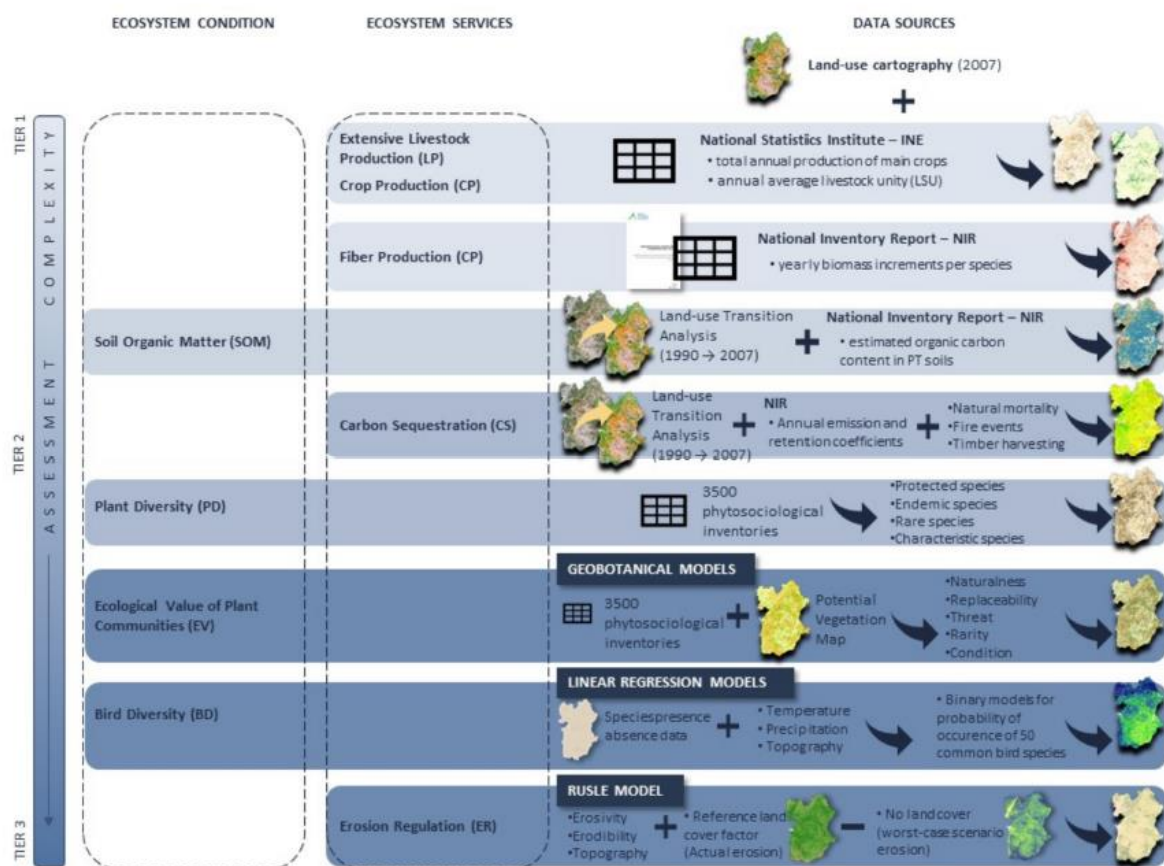


Figur 24. Map gwasanaethau ecosystem enghreifftiol ar gyfer Iwerddon (Ffynhonnell: Parker *et al.*, 2016).

Mapio gwasanaethau ecosystem ym Mhortiwal

Rhoddodd Laporta *et al.* (2021) fanylion y fframwaith methodolegol a dadansoddol a ddatblygwyd ym mhrosiect ptMAES (Portugal Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services) i fapio ac asesu cyflwr yr ecosystem a'r cyflenwad gwasanaethau ecosystem. Bydd hefyd yn archwilio cysylltiadau gofodol rhwng cyflwr yr ecosystem a'r cyflenwad gwasanaethau, ac yn trafod y prif heriau a chyfleoedd y deuir ar eu traws i lywio'r gwaith o weithredu mentrau MAES yn y dyfodol ym Mhortiwal ac mewn aelod-wladwriaethau eraill.

Roedd y fframwaith methodolegol a ddewiswyd i fapio ac asesu cyflwr a gwasanaethau ecosystem yn cynnwys dull aml-haen (yn amrywio o droi data ystadegol yn fodelu dadansoddol), gan gyfuno dulliau o wahanol gymhlethdod o ystyried y data sydd ar gael. Mae **Ffigur 25** yn amlinellu'r dull. Gwnaed pob asesiad ar y data dosbarth defnydd tir mwyaf manwl oedd ar gael; pedwar dosbarth eang (amaethyddiaeth, amaeth-goedwigaeth, coedwigoedd, llwyndir) gyda 59 is-ddosbarth.



Ffigur 25. Trosolwg methodolegol o'r broses a ddefnyddiwyd i fapio cyflwr yr ecosystem a chapasiti cyflenwad gwasanaethau (Ffynhonnell: Laporta *et al.*, 2021).

Dangosyddion cyflwr yr ecosystem wedi'u mapio (**Ffigur 26**) oedd:

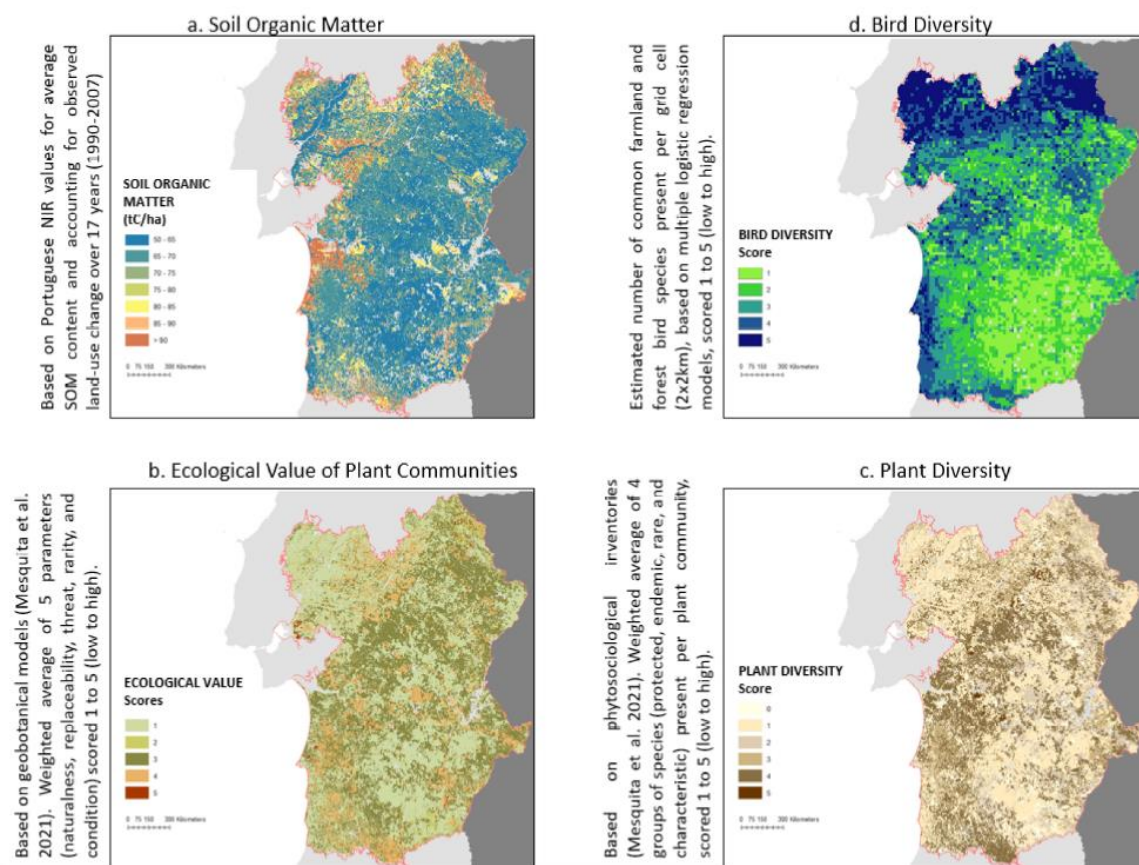
1. Deunydd organig pridd (tunnell Carbon/hectar/blwyddyn),
2. Gwerth ecolegol cymunedau planhigion (sgôr lled-feintiol 1-5),
3. Amrywiaeth planhigion (sgôr lled-feintiol 1-5) a
4. Amrywiaeth adar (sgôr lled-feintiol 1-50).

Cafodd pum gwasanaeth ecosystem (**Ffigur 27**) eu meintoli a'u mapio:

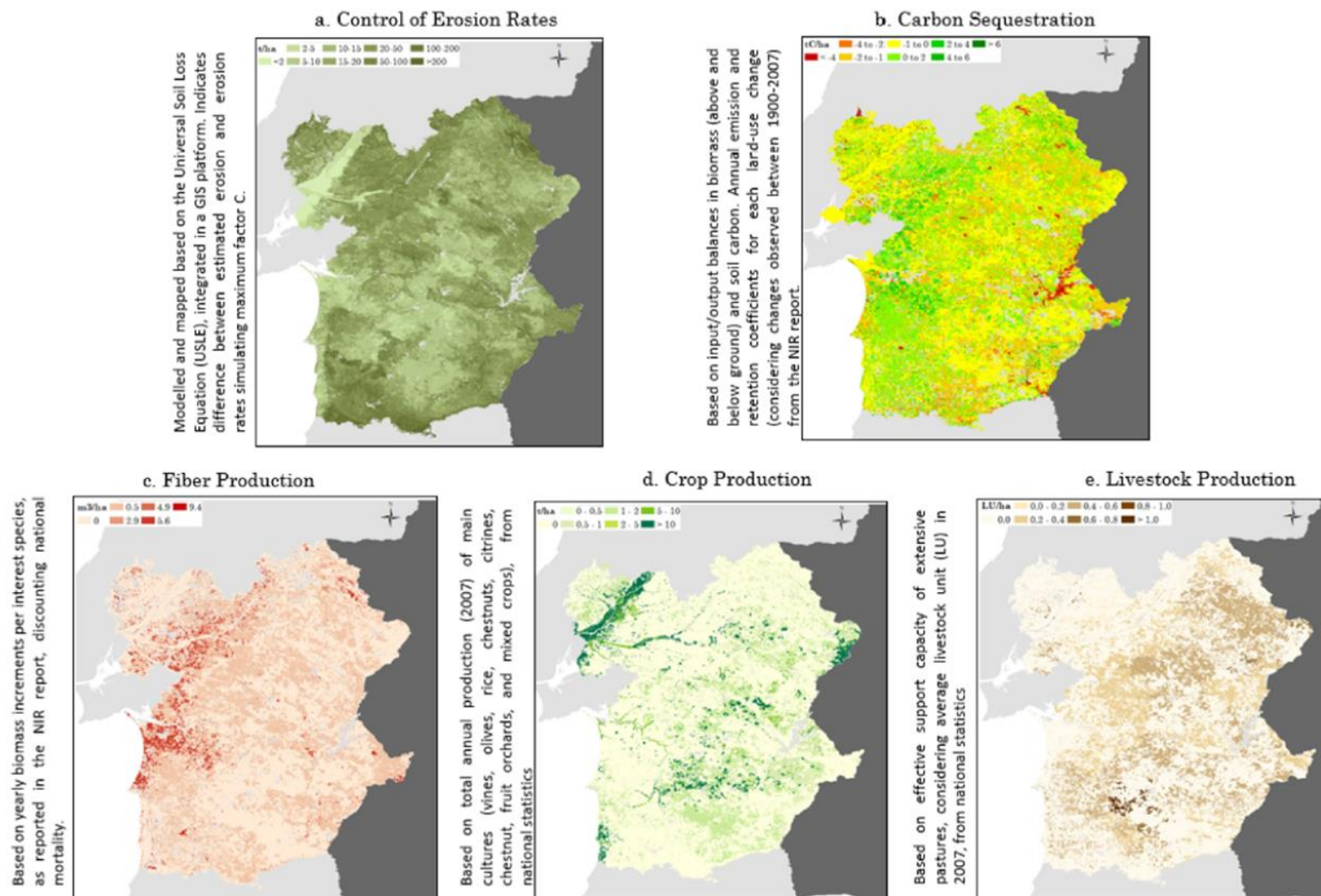
1. Cynhyrchu cnydau (t/ha/blwyddyn),
2. Cynhyrchu da byw (uned da byw/ha/blwyddyn),
3. Cynhyrchu ffibr (m3/ha/blwyddyn),
4. Atafaelu carbon (t CO₂/ha/blwyddyn) a
5. Rheoli cyfraddau erydu (t/ha/blwyddyn).

Daeth yr awduron i'r casgliad y gallai mapio ecosystem roi dealltwriaeth ddefnyddiol ar gyfer cynllunio tirweddau ar raddfa ranbarthol, er enghraifft, ardaloedd lle gallai'r cyflenwad gwasanaethau fod yn anghynaliadwy dros amser. Fodd bynnag, nodwyd sawl cafeat hefyd:

1. Roedd argaeledd data (o ran cydgasgliad, graddfa a chwmpas) yn cyfyngu ar gynnwys modelu sy'n seiliedig ar brosesau.
2. Gellid mireinio'r canlyniadau drwy ddefnyddio gwybodaeth a gasglwyd gan y weinyddiaeth gyhoeddus pe bai materion diogelu data'n cael eu datrys.
3. Dylid ystyried ystod ehangach o ddangosyddion cyflwr ecosystem a gwasanaethau ecosystem (yn enwedig gwasanaethau diwylliannol); a
4. Dylai dangosyddion cyflwr ecosystem adlewyrchu eu cysylltiad â gwasanaethau ecosystem yn well.



Ffigur 26. Cyflwr ecosystem: (a) deunydd organig pridd (b) gwerth ecolegol cymunedau planhigion, (c) amrywiaeth planhigion a (d) amrywiaeth adar (ffynhonnell: Laporta *et al.*, 2021).

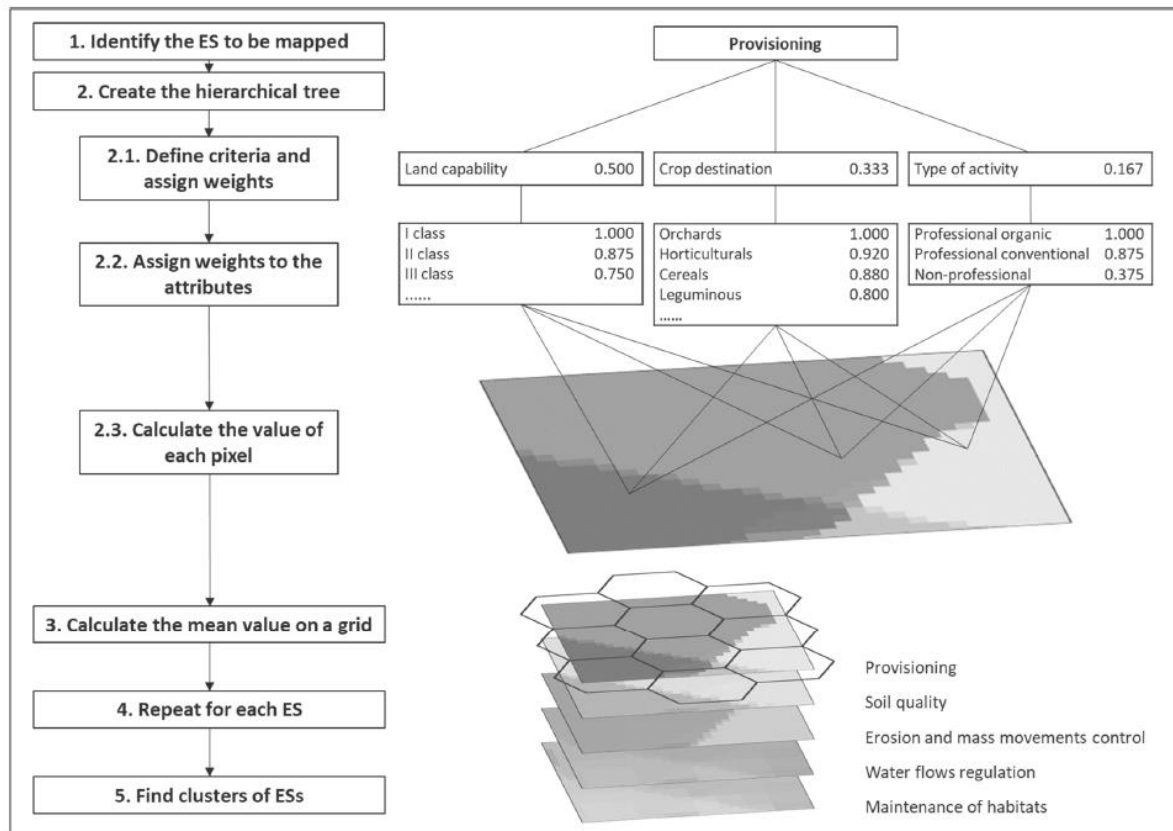


Figur 27. Cyflenwad gwasanaethau ecosystem ar gyfer (a) rheoli cyfraddau erydu (b) atafaelu carbon, (c) ffibr, (d) cnwd ac (e) cynhyrchu da byw (Ffynhonnell: Laporta *et al.*, 2021).

Modelu gwasanaethau ecosystem yn yr Eidal

Cynigiodd Rovai *et al.* (2023) dull ar gyfer mapio a bwndelu cyflenwad pum gwasanaeth ecosystem a gynhyrchwyd mewn ardaloedd amaethyddol a choedwig, yn seiliedig ar brosesu data ffynhonnell agored drwy'r broses hierarchaeth ddadansoddol (AHP). Roedd y dull yn integreiddio'r map defnydd tir a gorchudd tir gyda data arall i gael asesiad cynhwysfawr o wasanaethau ecosystem, yna defnyddiodd ddadansoddiad clwstwr i nodi bwndeli o wasanaethau ecosystem, **Ffigur 28**. Daeth yr awduron i'r casgliad, yn seiliedig ar dreial cyntaf, fod y dull yn dangos potensial fel System Cefnogi Penderfyniad i hyrwyddo modelau llywodraethu arloesol ar gyfer rheoli gwasanaethau ecosystem.

Gyda thechnegau dadansoddi aml-faen prawf, nodir set o feini prawf perthnasol ar gyfer cymharu, gwerthuso a threfnu gwahanol ddewisiadau. Mae'r meini prawf dethol yn cael eu pwysoli yn unol â dewisiadau'r rhai sy'n gwneud penderfyniadau. Yn yr un modd, mae'r dewisiadau'n cael eu pwysoli ar gyfer pob maen prawf hefyd. Unwaith y bydd y meini prawf a'r dewisiadau ar gyfer pob maen prawf wedi'u trefnu, byddant yn cael eu hail-gydgasglu er mwyn creu un drefn gyffredinol o ddewis dewisiadau amgen.

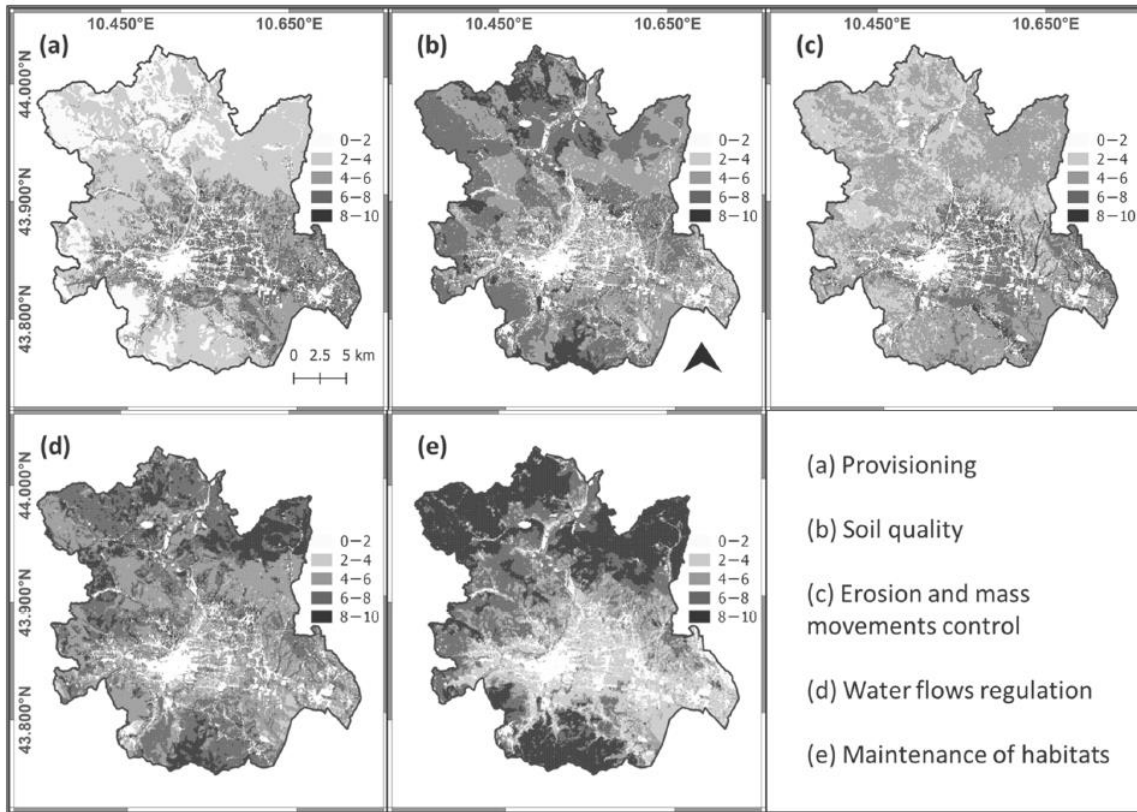


Ffigur 28. Siart llif o'r broses o fapio gwasanaethau ecosystem ac enghraifft ar gyfer y gwasanaeth darparu (Ffynhonnell: Rovai *et al.*, 2023).

Mapiodd Rovai *et al.* (2023) y gwasanaethau ecosystem canlynol (**Ffigur 29**), yn seiliedig ar y broses a ddisgrifir yn **Ffigur 28**:

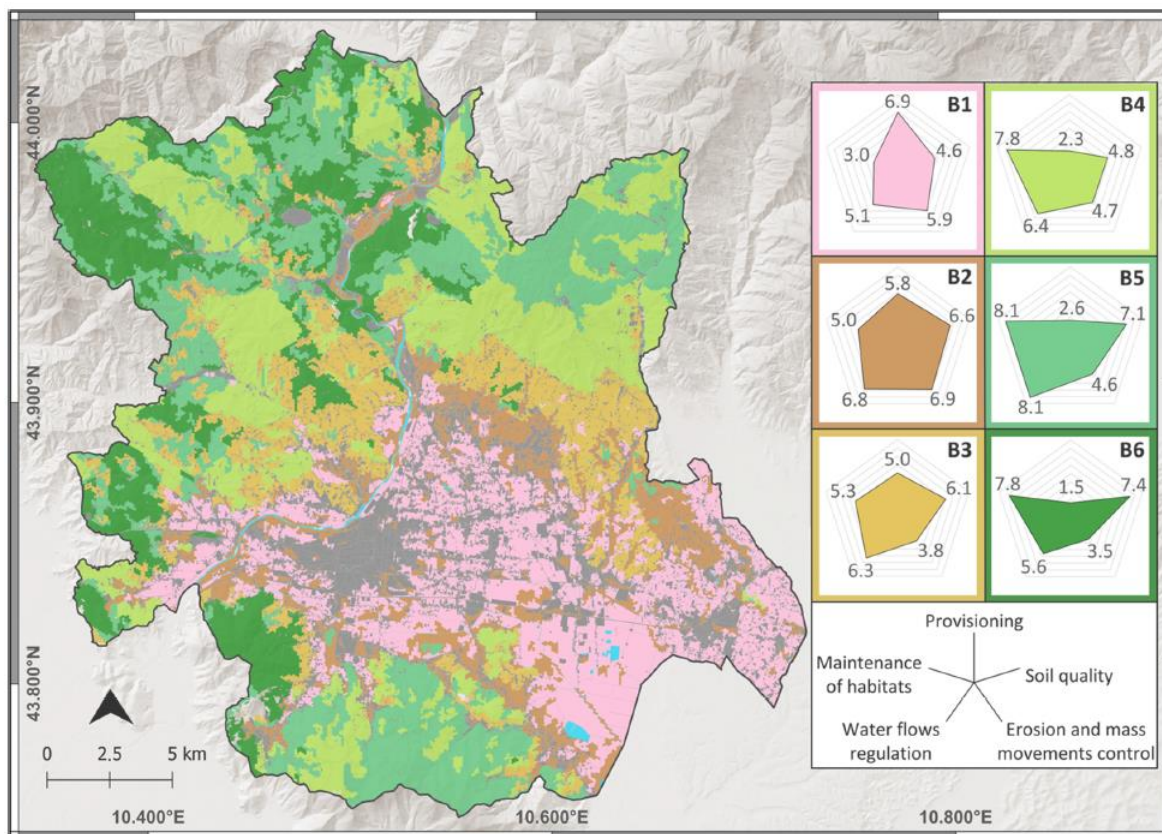
- Darparu bwyd, ffibrau a deunyddiau eraill, planhigion ar gyfer ynni ac anifeiliaid wedi'u magu

- Ansawdd pridd
- Rheoli erydu a lleihau symudiadau torfol
- Rheoliadau llif dŵr
- Cynnal a chadw cynefinoedd.



Figur 29. Mapiau gwasanaethau ecosystem (Ffynhonnell: Rovai *et al.*, 2023).

Gan ddefnyddio'r mapiau ecosystem a'r dadansoddiad clwstwr, gwnaeth Rovai *et al.* (2023) nodweddu'r ardaloedd yn ôl chwe bwndel ecosystem a gyfosododd gapasiti gwahanol ardaloedd i gyflenwi gwahanol gyfuniadau o'r pum gwasanaeth ecosystem wedi'u mapio, **Ffigur 30**. Er enghraifft, roedd bwndel B1 yn cyfrif am 19.4% o'r ardal ac fe'i nodweddwyd gan gapasiti uchel ar gyfer gwasanaeth darparu (6.9), oherwydd lefel uchel o weithgarwch amaethyddol, a chan gapasiti da ar gyfer y gwasanaeth rheoli erydu a symudiadau torfol (5.9), oherwydd ei dopograffi. Fodd bynnag, fe'i nodweddwyd gan gapasiti cyflenwi is ar gyfer y gwasanaethau rheoleiddio eraill a ystyriwyd: ansawdd pridd (4.6), rheoleiddio llif dŵr (5.1), a chynnal a chadw cynefinoedd (3.0). Mewn cymhariaeth, roedd bwndel B2 yn cyfrif am 10.3% o gyfanswm arwynebedd yr ardal; nodweddwyd yr ardaloedd hyn gan gapasiti is ar gyfer y gwasanaeth darparu (5.8), ond gan gapasiti uwch ar gyfer y gwasanaeth cynnal a chadw cynefinoedd (5.0) a chan gapasiti da ar gyfer y gwasanaethau rheoleiddio eraill: ansawdd pridd (6.6), rheoli erydu a symudiadau torfol (6.9), a rheoleiddio llif dŵr (6.8). Yr ardaloedd hyn, felly, oedd y rhai â'r cyflenwad mwyaf cytbwys o'r pum gwasanaeth ecosystem a fapiwyd.



Ffigur 30. Bwndeli gwasanaethau ecosystem (Ffynhonnell: Rovai *et al.*, 2023).

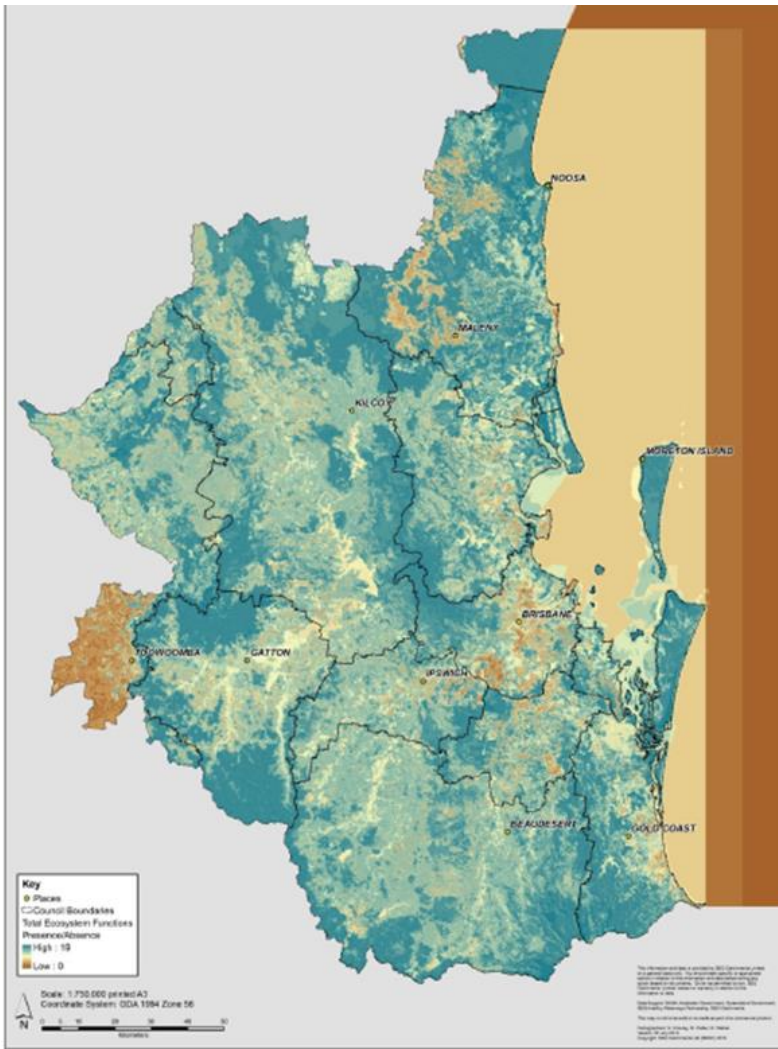
Gwasanaethau ecosystem yn Awstralia

Aeth Petter *et al.* (2012) ati i ddatblygu a threialu dull o fapio swyddogaethau ecosystem yn Neddwyrain Queensland gan ddefnyddio haenau data bioffisegol yn lle data defnydd tir benthg. Nodwyd data bioffisegol a benthg ar gyfer 19 o swyddogaethau ecosystemau a chynhyrchwyd mapiau ar gyfer pob un. Er mwyn datblygu'r mapiau swyddogaeth unigol, safonwyd pob un o'r setiau data i gynhyrchu cyfrededd cyffredin i hwyluso'r broses droshaenu o fewn amgylchedd GIS. Nod y broses safoni hon oedd lleihau pob set ddata i "absenoldeb" neu "bresenoldeb" (0 neu 1) a sicrhau bod yr holl setiau data ar raddfa gyson (grid 25 m x 25 m). Defnyddiwyd dau ddull safoni, A. Cyngor arbenigol a B. Rhaniadau chwarter o ddata rhifol, gan gynhyrchu data gyda sgoriau o 1 i 4 a ail-ddosbarthwyd wedyn i 0 absennol (sgoriau o 1 a 2 o'r rhaniadau chwarter) neu '1' presennol (sgoriau o 3 a 4 o'r rhaniadau chwarter). Cynhyrchwyd yr 19 map swyddogaethau ecosystem drwy droshaenu'r gyfres ddethol o setiau data safonedig i gynhyrchu mapiau ehangder ar gyfer pob swyddogaeth ecosystem. Cynhyrchwyd mapiau swyddogaethau ecosystem drwy droshaenu pob un o'r 19 map swyddogaeth, gan arwain at fapiau gydag amrediad data o 0 i 19 a 0 i 76 ar gyfer dulliau A a B yn y drefn honno (Ffigur 31). Roedd ardaloedd o orgyffwrdd swyddogaeth uchel ac isel yn debyg yn y ddau fap ond wedi'u diffinio'n well yn y map chwarter o ystyried yr amrediad data mwy.

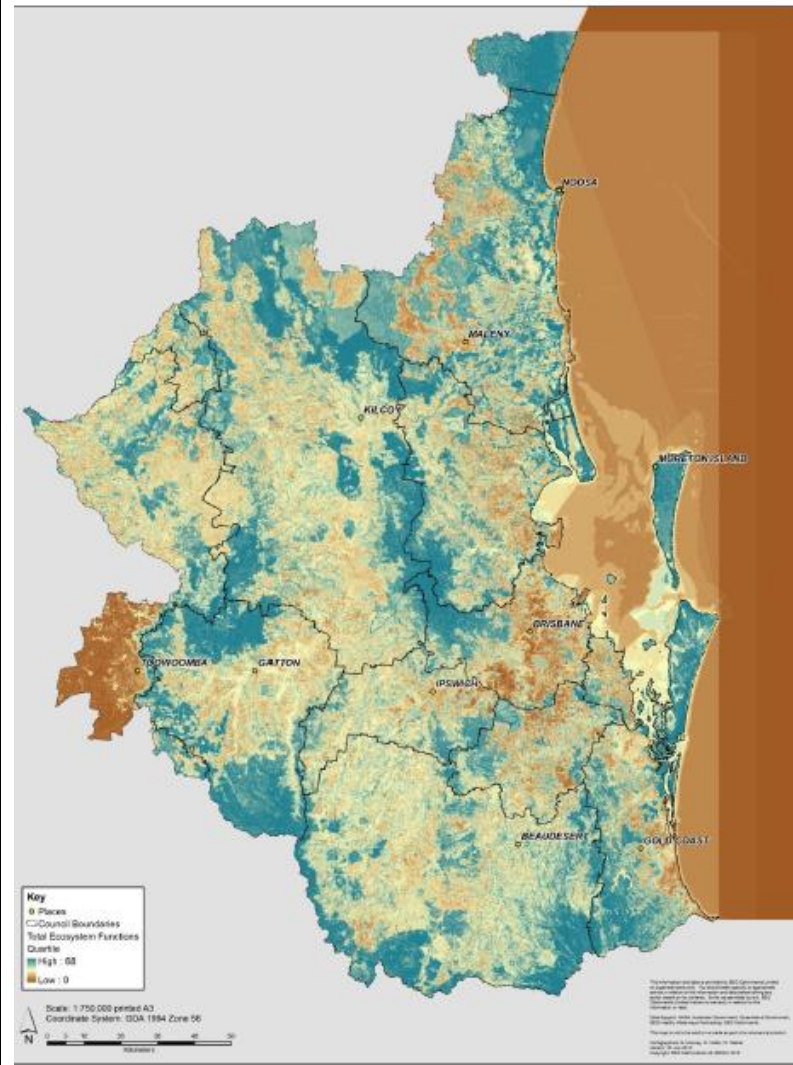
Adroddodd yr awduron fod y dull yn cynhyrchu mapiau yr oedd cynllunwyr a'r rhai sy'n gwneud penderfyniadau yn eu hystyried yn gredadwy ac a oedd wedi arwain at sefydlu fframwaith gwasanaethau ecosystem (Fframwaith Gwasanaethau Ecosystem SEQ) mewn dogfen gynllunio statudol a'i ddefnyddio i ddylanwadu ar benderfyniadau cynllunio ar lefel llywodraeth leol. Nodwyd

bod y mapiau swyddogaethau ecosystem yn rhan annatod o nodi a mesur gwasanaethau ecosystem i gefnogi'r polisi hwn.

a



b

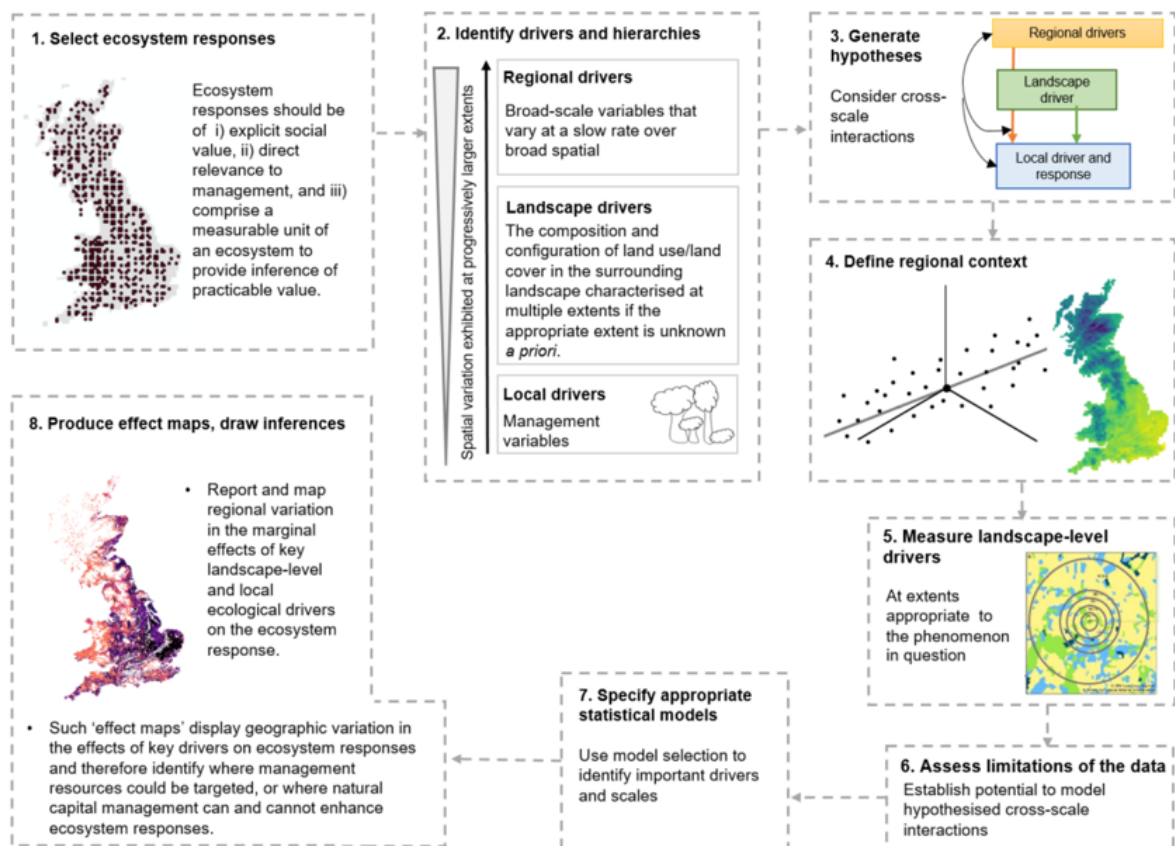


Figur 31. Map Allbynnau o Swyddogaeth Ecosystem Gyfan, a. gorgyffwrdd syml a b. gorgyffwrdd chwartel. (Ffynhonnell: Petter *et al.*, 2012)

Mapiau effaith

Fel arfer mae mapiau o wasanaethau ecosystem yn dangos cyflwr y cyfalaf naturiol sy'n sail i'w darpariaeth, yn hytrach na sut mae'n ymateb i reolaeth (Maseyk *et al.*, 2017). Fodd bynnag, mae rheoli gwasanaethau cyfalaf naturiol ac ecosystem yn gynaliadwy yn gofyn am ddealltwriaeth o sut mae newidiadau mewn rhagfynegyddion allweddol ('sbardunau') sy'n gweithredu ar raddfeydd lleol a thirwedd yn effeithio ar gyfalaf naturiol. Dylai dealltwriaeth o ble mae gwasanaethau cyfalaf naturiol ac ecosystem yn ymateb i sbardunau penodol ganiatáu i arferion rheoli gael eu targedu'n briodol (Rieb *et al.*, 2017).

Amlinellodd Spake *et al.* (2019) fframwaith dadansoddol sy'n berthnasol i raddau helaeth a gyflawnodd hyn drwy greu 'mapiau effaith' a oedd yn meintoli sut roedd effeithiau sbardunau allweddol ymatebion ecosystem yn amrywio ar draws graddau daearyddol eang, **Ffigur 32**.

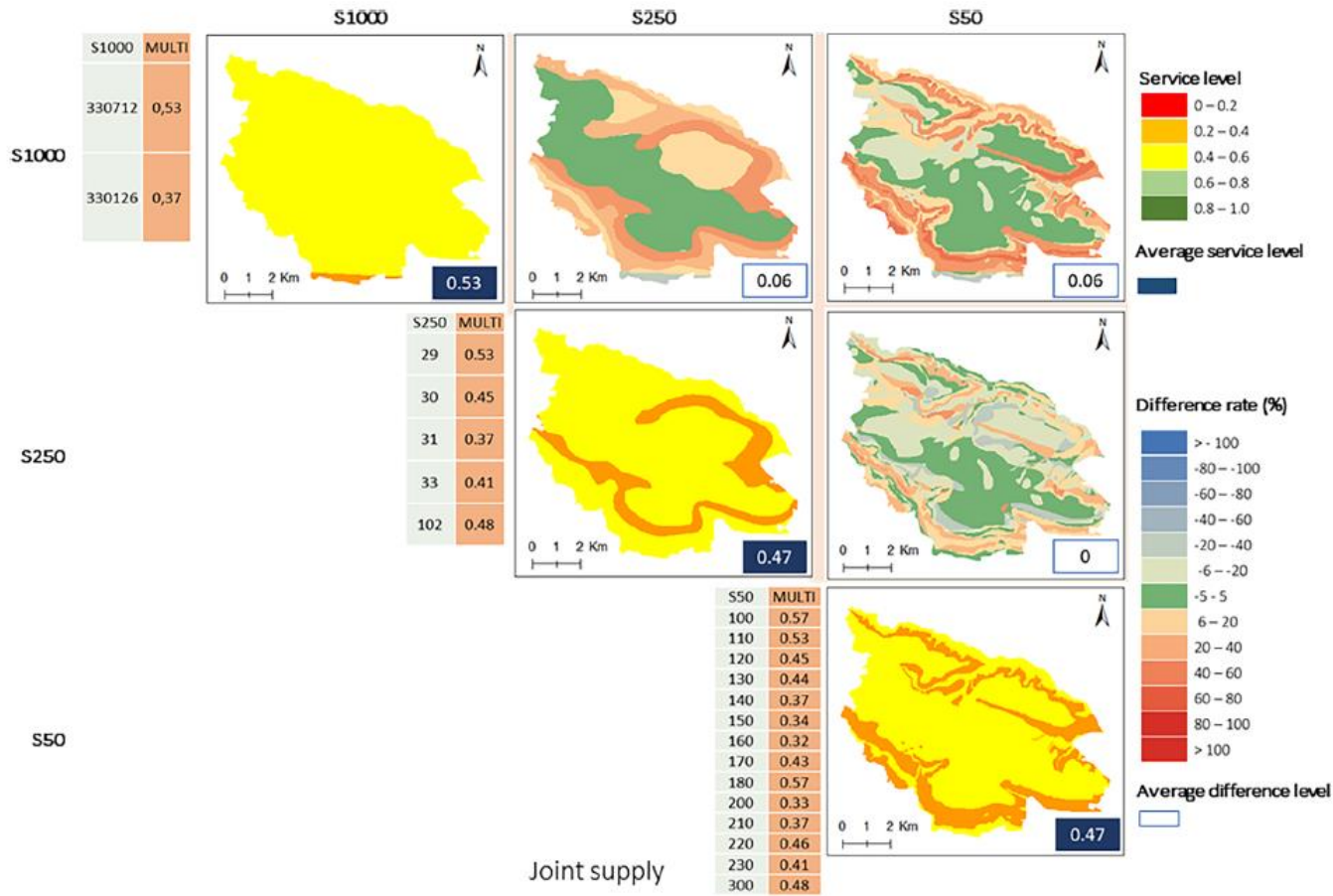


Ffigur 32. Amlinelliad o fframwaith dadansoddol, sy'n galluogi cynhyrchu mapiau effaith sy'n dangos sut a ble i reoli cyfalaf naturiol yn gynaliadwy (Ffynhonnell: Spake *et al.*, 2019).

Graddfa ofodol mapio ecosystem

Mae dadansoddiad blaenorol o gymwysiadau ymarferol wedi datgelu arwyddocâd y raddfa ofodol lle ceir data mewnbyn. Mae'r mater hwn yn arbennig o broblemus, gyda data pridd nad yw ar gael yn aml neu sydd ond ar gael ar raddfeydd bras mewn gwahanol rannau o'r byd. Cymharodd Scammacca *et al.* (2022) bedwar gwasanaeth ecosystem pridd, sef darpariaeth biomas, darpariaeth dŵr, rheoleiddio hinsawdd byd-eang, a rheoleiddio ansawdd dŵr gan ddefnyddio tri map pridd ar raddfeydd 1:1,000,000, 1:250,000 ac 1:50,000.

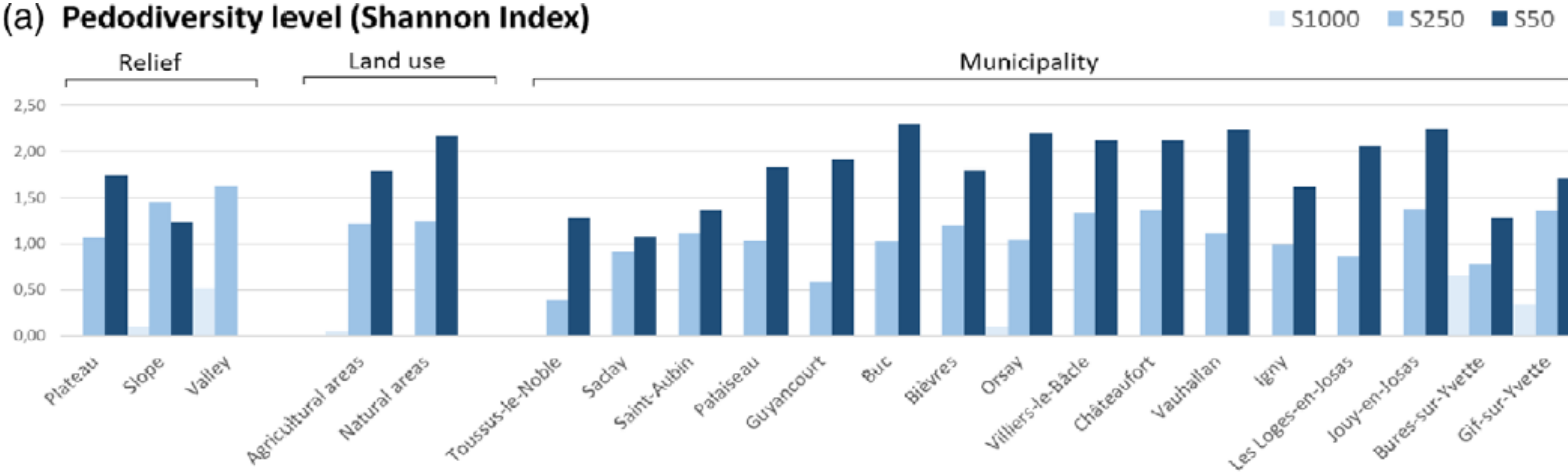
Cymharwyd y mapiau gwasanaethau ecosystem unigol ac ar y cyd a ddeilliodd o hynny i archwilio effeithiau newid graddfa ofodol data pridd ar lefelau a phatrymau gofodol yr ecosystem. Dywedodd Scammacca *et al.* (2022) fod y tri map pridd yr un mor ddefnyddiol pan oedd lefelau gwasanaethau ecosystem wedi'u cyfartaleddu dros y diriogaeth 100 km² gyfan (**Ffigur 33**) gydag effeithiau graddfa gyfartalog o tua 10%. Fodd bynnag, cyflwynodd y mapiau ar y graddfeydd 1:1,000,000 a 1:250,000 ragfarnau wrth asesu lefelau gwasanaethau ecosystem dros unedau gofodol sy'n llai na 100 a 10 km², yn y drefn honno. Arweiniodd symleiddio amrywiaeth a dosbarthiad gofodol priddoedd ar y ddwy raddfa fwyaf bras at wahaniaethau lleol mewn lefelau ecosystem yn amrywio o sawl 10 i sawl 100%. Dangosir effeithiau graddfa yn ôl tirwedd (llwyfandir, llethr neu ddyffryn), defnydd tir (ardaloedd amaethyddol a naturiol) a bwrdeistref yn **Ffigur 34**. Nododd yr awduron nad oedd yn hawdd dewis y raddfa orau posibl i gael cynrychiolaeth ofodol ddibynadwy o wasanaethau ecosystem; mae'r raddfa fwyaf priodol yn debygol o fod yn benodol i gyd-destun, a gall amrywio rhwng gwasanaethau ecosystem.



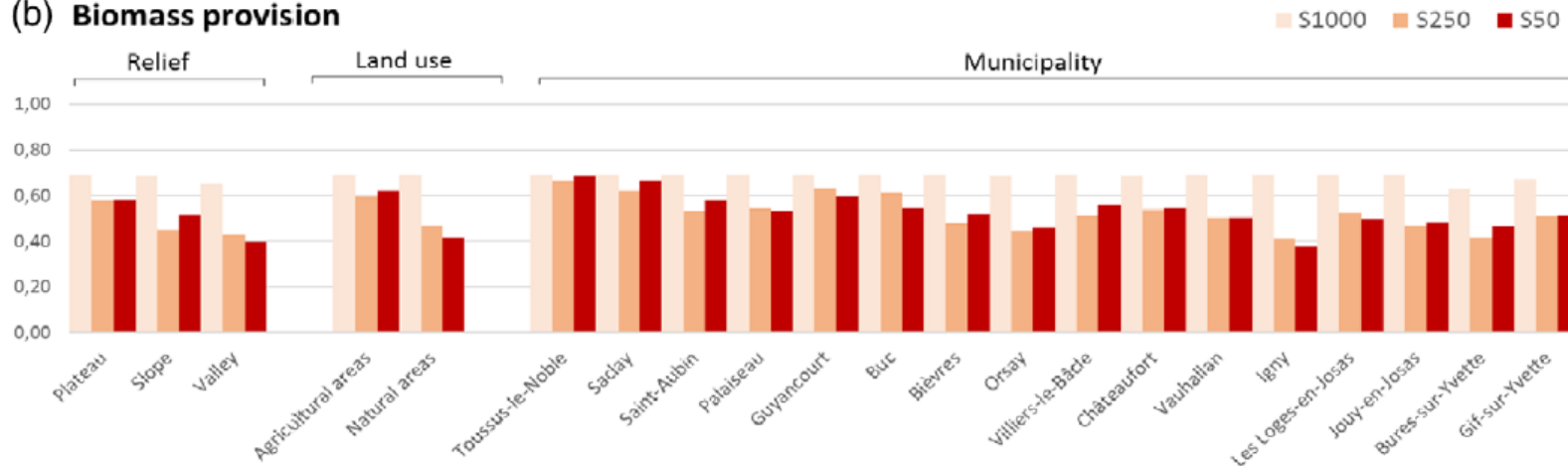
Ffigur 33. Mapiau o gyd-ddigwyddedd gofodol y pedwar ES a ddewiswyd neu gyflenwad ar y cyd o'r pedwar ES a ddewiswyd yn ôl y gwahanol fapiau pridd a ddefnyddir fel data mewnbwn (h.y. S1000, S250, S50). Mapiau ar y croestoriad rhwng graddfeydd tebyg mewn llinellau a cholofnau yw'r mapiau cyd-gyflenwad ES sy'n deillio o'r map pridd ar y raddfa hon. Mae mapiau ar y croestoriad rhwng gwahanol raddfeydd mewn llinellau a cholofnau yn cynrychioli'r gwahaniaeth cymharol rhwng mapiau cyd-gyflenwad ES sy'n deillio o'r map pridd ar y raddfa llinell minws hynny ar y raddfa colofn. Y rhifau ar ochr dde waelod y mapiau hyn yw'r cyd-gyflenwad ES cyfartalog neu'r gwahaniaeth cyfartalog rhwng cyd-gyflenwadau ES dros ardal yr astudiaeth yn y

drefn honno mewn map cyd-gyflenwad ES ac mewn mapiau gwyrriad cyd-gyflenwad ES. Mae'r tablau'n manylu ar y cyd-gyflenwad ES ar gyfer pob Uned Mapio Pridd (SMU) ar bob graddfa ofodol (Ffynhonnell: Scammacca *et al.*, 2022).

(a) Pedodiversity level (Shannon Index)



(b) Biomass provision

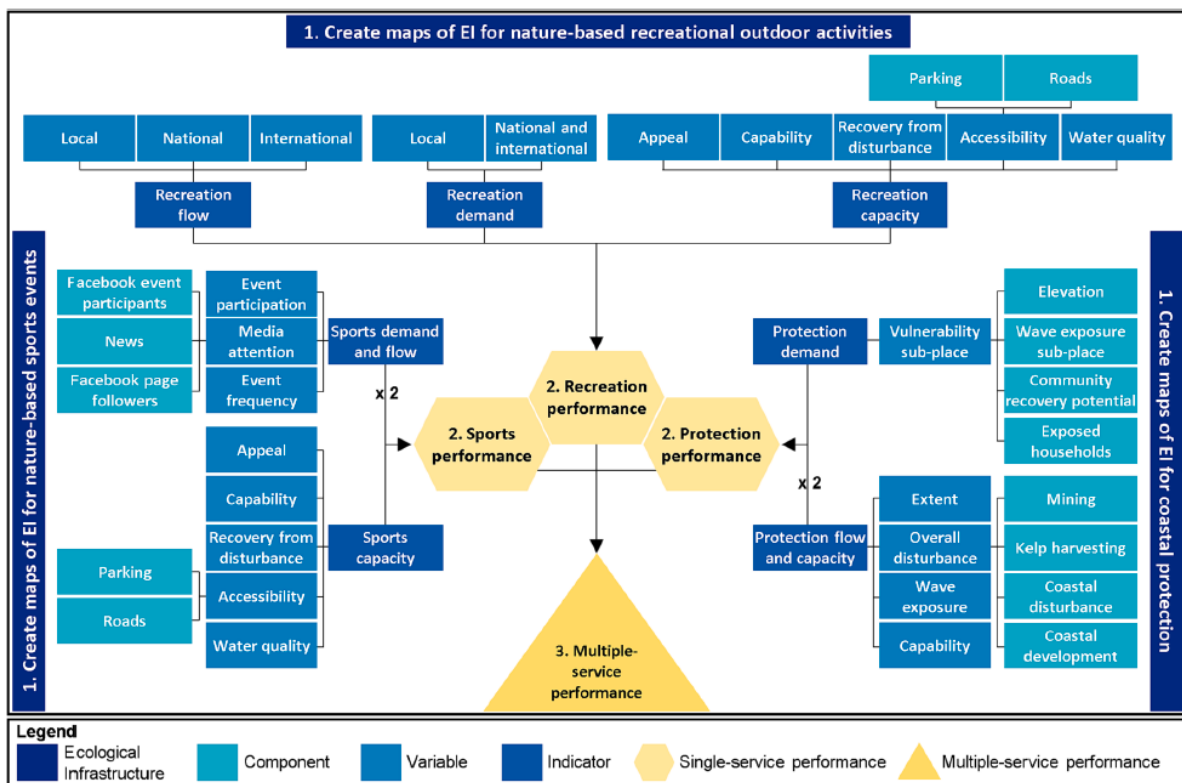


Ffigur 34. Amrywiaeth pridd (a) a lefel cyflenwad biomas gwasanaethau ecosystem (b) yn ôl y tri map pridd a ddefnyddir fel data mewnbyn ar gyfer yr asesiad (h.y. S1000, S250 ac S50) a'r gwahanol lefelau cydgasglu gofodol (h.y. tirwedd, defnydd tir a bwrdeistref) (Ffynhonnell: Scammacca *et al.*, 2022).

Gwasanaethau ecosystem yn Ne Affrica

Nod Perschke *et al.* (2023) oedd datblygu a chymhwyso dull sy'n berthnasol yn fras, yn hyblyg ac yn ofodol gywir ar gyfer mapio gwasanaethau ecosystem cynhwysfawr gan ddefnyddio Seilwaith Ecolegol (EI), o'r enw PROSPER. Gwerthusodd yr awduron y galw, llif a chapasiti tri gwasanaeth ecosystem (digwyddiadau chwaraeon, hamdden a diogelu'r arfordir) ar hyd arfordir De Affrica gan ddefnyddio cysylltiadau achosol, gan gynnwys cyflwr ecolegol yr EI, a pherfformiad EI bras fel mesur o'i bwysigrwydd i gymdeithas. Arweiniodd hyn at fap cydraniad uchel o berfformiad EI fesul gwasanaeth a map cronrus o berfformiad aml-wasanaeth a grëwyd drwy integreiddio'r tri map gwasanaeth sengl.

Roedd PROSPER yn cynnwys dau brif gam: 1, nodi safleoedd EI penodol ar gyfer pob gwasanaeth (h.y. ble mae'r gwasanaeth yn cael ei ddarparu); a 2, meintoli perfformiad EI gan ddefnyddio modelau yn seiliedig ar gysylltiadau achosol (h.y. faint o lif, capasiti a galw sydd ar gael fesul gwasanaeth fesul safle). Defnyddiodd y dull fodolau dangosyddion syml, ychwanegol ar gyfer y galw, y llif a'r capasiti ar gyfer pob gwasanaeth yn seiliedig ar gysylltiadau achosol (**Ffigur 35**). Mae'r modelau hyn yn hyblyg gan y gallant gynnwys gwahanol newidynnau (a chydrannau) yn dibynnu ar gyd-destunau gwahanol, argaeledd data a chymhlethdod gwasanaeth, a gellir eu haddasu'n rhwydd yn ôl yr angen (Lavorel *et al.*, 2017).



Ffigur 35. Trosolwg o PROSPER. Yng ngham 1, caiff mapiau o Seilwaith Ecolegol (EI) eu creu ar gyfer pob gwasanaeth ecosystem e.e. gweithgareddau hamdden awyr agored sy'n seiliedig ar natur (hamdden); digwyddiadau chwaraeon sy'n seiliedig ar natur (chwaraeon); a diogelu'r arfordir rhag llifogydd ac erydu (amddiffyniad). Yng ngham 2, mae modelau sy'n seiliedig ar gysylltiadau achosol yn cael eu hadeiladu o gydrannau, newidynnau a dangosyddion i werthuso perfformiad yr EI wedi'i fapio fesul gwasanaeth. Mewn cam dewisol 3, cyfunir gwerthoedd perfformiad sengl i fesur perfformiad aml-wasanaeth fesul safle EI. Noder fod yr 'x2' yn dangos bod y dangosydd yn cael ei

ddyblu wrth gyfrifo perfformiad EI gan ei fod yn cynrychioli dwy o'r tair agwedd bosibl (galw, llif a chapasiti) (Ffynhonnell: Perschke *et al.*, 2023).

Rhai offer mapio/modelu gwasanaethau ecosystem

Mae offer tebyg i PROSPER yn bodoli sy'n defnyddio dulliau modelu cyfansawdd a phenderfyniaethol hefyd. Er enghraifft: 1) InVEST, a gynlluniwyd i lywio rheoli adnoddau naturiol ar raddfeydd lluosog (Natural Capital Project¹); 2) yr offeryn "Artificial Intelligence for Ecosystem Services" (ARIES), a oedd â'r nod o greu modelau dynamig o ffynonellau gwasanaethau ecosystem, dalfeydd a defnyddiau gan ddefnyddio deallusrwydd artifffisial i lywio rheolaeth (Bagstad *et al.*, 2011); a 3) yr "Offeryn Mapio Gwasanaethau Ecosystem", a gymhwysir yn bennaf ar gyfer mapio a gwneud penderfyniadau gwasanaethau ecosystem Ewropeaidd (Zulian *et al.*, 2013). Arweiniodd argaeledd data, cyd-destun astudio a nod, a rhagdybiaethau a dealltwriaeth y modelydd o'r cysyniadau a fodelwyd at wahaniaethau rhwng yr offer (Seppelt *et al.*, 2011; Schulp *et al.*, 2014; Boerema *et al.*, 2017).

Model InVEST.

Mae InVEST™ yn gyfres o fodelau meddalwedd ffynhonnell agored am ddim a ddefnyddir i fapio a phrisio nwyddau a gwasanaethau ecosystem ([Stanford University Natural Capital Project](#)). Mae'r set offer yn cynnwys modelau gwasanaethau ecosystem penodol a gynlluniwyd ar gyfer ecosystemau daearol, dŵr croyw, morol ac arfordirol, yn ogystal â sawl "offeryn cynorthwyol" i helpu i leoli a phrosesu data mewnbwn a deall a delweddu allbynnau. Mae modelau InVEST yn eglur yn ofodol, gan ddefnyddio mapiau fel ffynonellau gwybodaeth a chynhyrchu mapiau fel allbynnau. Mae InVEST yn dychwelyd canlyniadau naill ai mewn termau bioffisegol (e.e. tunelli o garbon a atafaelwyd) neu dermau economaidd (e.e. gwerth presennol net y carbon a atafaelwyd). Mae cydraniad gofodol dadansoddiadau yn hyblyg hefyd, gan ganiatáu i ddefnyddwyr ateb cwestiynau ar raddfeydd lleol, rhanbarthol neu fyd-eang.

Mae modelau InVEST yn seiliedig ar swyddogaethau cynhyrchu sy'n diffinio sut mae newidiadau yn strwythur a swyddogaeth ecosystem yn debygol o effeithio ar lifoedd a gwerthoedd gwasanaethau ecosystem ar draws tirwedd neu forwedd. Mae'r modelau'n cyfrif am gyflenwad gwasanaethau (e.e. cynefinoedd byw fel clustogau ar gyfer tonnau stormydd) a lleoliad a gweithgareddau pobl sy'n elwa ar wasanaethau (e.e. lleoliad pobl a seilwaith a allai gael eu heffeithio gan stormydd arfordirol). Mae'r model InVEST wedi'i ddefnyddio mewn llawer o bapurau cyhoeddus sydd wedi'u rhestru ar [gronfa ddata](#) chwiliadwy.

Model ARIES.

Mae ARIES yn fodelydd deallusrwydd artifffisial yn hytrach nag un model neu gasgliad o fodelau. Mae'n mabwysiadu cysyniad unffurf o wasanaethau ecosystem sy'n rhoi pwyslais cyfartal i'w cynhyrchu, eu llif a'u defnydd gan gymdeithas, gan gadw'r cymhlethdod yn ddigon isel i alluogi asesu cyflym a rhad mewn llawer o gyd-destunau ac ar gyfer gwasanaethau lluosog. Er mwyn gwella cydweddiad â chyd-destunau cymhwysiad amrywiol, mae'r fethodoleg yn cael ei chynorthwyo gan dechnolegau integreiddio enghreifftiol sy'n caniatáu cydosod modelau wedi'u haddasu o sylfaen model sy'n tyfu. Drwy ddefnyddio dysgu a rhesymu cyfrifiadurol, gall strwythur model fod yn arbenigol ar gyfer pob cyd-destun cymhwyso heb fod angen arbenigedd costus.

¹ Natural Capital Project, 2023. InVEST 3.14.0. Prifysgol Stanford, Prifysgol Minnesota, Chinese Academy of Sciences, The Nature Conservancy, World Wildlife Fund, Stockholm Resilience Centre a'r Royal Swedish Academy of Sciences <https://storage.googleapis.com/releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/index.html>

Mae ARIES yn dewis modelau proses ecolegol lle bo hynny'n briodol ac yn troi at fodelau symlach lle nad yw modelau proses yn bodoli neu lle maent yn annigonol. Yn seiliedig ar ymholiad syml gan ddefnyddiwr, mae ARIES yn adeiladu'r holl asiantau sy'n ymwneud â'r rhyngweithio rhwng natur a chymdeithas, yn eu cysylltu â rhwydwaith llif ac yn creu'r modelau gorau posibl ar gyfer pob asiant a chysylltiad. Y canlyniad yw asesiad manwl, addasol a dynamig o sut mae natur yn darparu buddion i bobl. Gellir defnyddio'r model naill ai i werthuso ac archwilio (defnyddwyr cyffredinol sydd â phorwr gwe) neu gynhyrchu data a model (defnyddwyr arbenigol/medrus); gellir ei gyrchu [ar-lein](#).

ESTIMAP

Mae'r offeryn Ecosystem Services Mapping (ESTIMAP) yn gasgliad o fodelau eglur yn ofodol i gefnogi mapio a modelu gwasanaethau ecosystem ar raddfa Ewropeaidd (Zulian *et al.*, 2013). Prif amcan ESTIMAP yw cefnogi polisïau'r UE gyda gwybodaeth ofodol am ble mae gwasanaethau ecosystem yn cael eu darparu a'u defnyddio. Mae'n cynnal set o weithrediadau gofodol mewn amgylchedd GIS i gyfrifo'r dangosyddion canlynol:

1. Tynnu NO₂ gan lystyfiant trefol (tunnell/ha/blwyddyn)
2. Capasiti ecosystemau i osgoi erydu pridd (dangosydd di-ddimensiwn rhwng 0 ac 1)
3. Capasiti a'r galw am ddiogelu'r arfordir (dangosyddion di-ddimensiwn rhwng 0 ac 1)
4. Mynegai cadw dŵr (dangosydd di-ddimensiwn rhwng 0 a 10)
5. Potensial peillio (dangosydd di-ddimensiwn rhwng 0 ac 1)
6. Cadw pridd (tunnell/ha/blwyddyn)
7. Ansawdd cynefin yn seiliedig ar adar cyffredin (cymhareb di-ddimensiwn)
8. Sbectrwm cyfle hamdden sy'n seiliedig ar natur (cyfran o bicseli tir gydag agosrwydd a photensial hamdden amrywiol)
9. Potensial carbon coedwig (newid canrannol o gymharu â 2000)

INCA

Sefydlwyd Prosiect Arloesi Gwybodaeth (KIP) ar Integrated system for Natural Capital and ecosystem services Accounting (INCA) gan y Comisiwn Ewropeaidd yn 2015 i gynllunio a gweithredu system gyfrifyddu integredig ar gyfer ecosystemau a'u gwasanaethau yn yr UE, gan gydymffurfio â SEEA (safon swyddogol cyfrifyddu ecosystem, y System Cyfrifyddu Amgylcheddol-Economaidd). Mae INCA yn cynnwys:

- *Potensial gwasanaethau ecosystem*: mesur yr hyn y gall ecosystemau ei ddarparu, yn annibynnol ar a oes defnydd ai peidio
- *Y galw am wasanaethau ecosystem*: ochr economaidd-gymdeithasol gwasanaethau ecosystem
- *Llif gwirioneddol gwasanaethau ecosystem*. Pan fydd potensial y gwasanaeth ecosystem yn cyd-fynd â'r galw am wasanaethau ecosystem, cynhyrchir defnydd.

Pan nad yw potensial y gwasanaeth ecosystem yn cyd-fynd â'r galw am wasanaethau ecosystem, nodir tri math gwahanol o ddiffyg cyfatebiaeth:

- *Galw heb ei ateb*: absenoldeb ecosystem sy'n gallu darparu'r gwasanaethau.
- *Gorddefnydd*: y gwasanaeth yn cael ei ddefnyddio fwy na'i gyfraddau adfywio neu amsugno
- *Llif a gollwyd*: y bwlch sy'n bodoli rhwng yr hyn y gellid ei ddarparu ar hyn o bryd a'r hyn a ddarperir mewn gwirionedd.

Mae canlyniadau prosiect INCA ar gael [ar-lein](#); er y cynlluniwyd yr offeryn hwn at ddibenion cyfrifyddu, mae'n cynnwys asesiad o agweddau bioffisegol hefyd mewn fformat tabledig a thrwy syllwr map (**Ffigur 36**, **Ffigur 37**).

INCA Platform

Home About Publications News Data Catalogue Map Viewer Glossary INCA Tool Contact Us

How ecosystem services are assessed in INCA

The diagram illustrates the assessment process. At the top, 'Ecological supply' (represented by a butterfly, trees, and a pond) and 'Socio-economic needs' (represented by people, a power line, and a wheelbarrow) both lead to 'Ecosystem Service use'. From 'Ecosystem Service use', the process branches into 'Match' (represented by trees and people) and 'Mis-match' (represented by a warning sign, trees, and people).

Ecosystem services map viewer

START

Accounting tables
-- Select --

Complementary tables
-- Select --

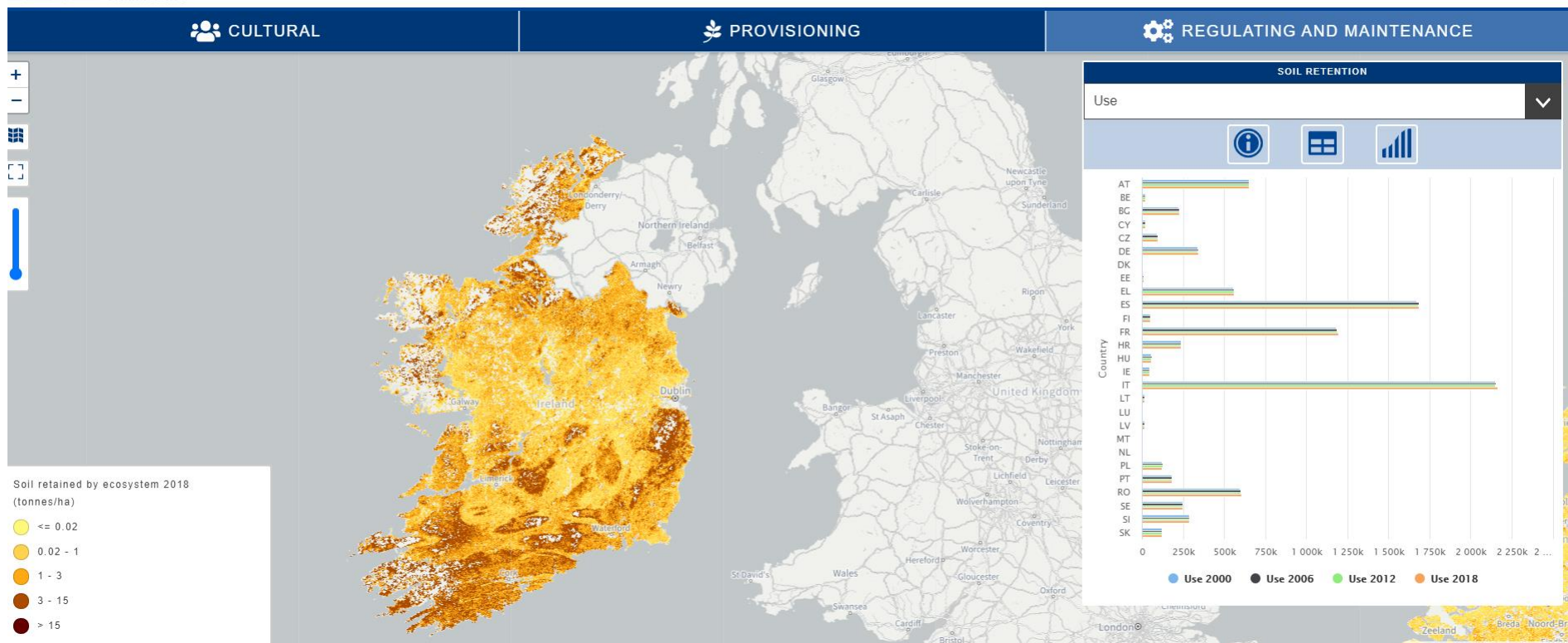
EU supply and use tables
Download

INCA tool
Learn more

Ecosystem extent (EEA) -- Select --

Ecosystem condition -- Select --

Ffigur 36. [Tudalen hafan](#) platform INCA



Figur 37. Map enghreifftiol ar gyfer tunelli cadw pridd/hectar (categori: defnydd) (Ffynhonnell: [Syllwyr map](#) platform INCA)

Rhai cyfyngiadau ar fapio gwasanaethau ecosystem

Cynhaliodd Bitoun *et al.* (2021) adolygiad systematig o'r llenyddiaeth wyddonol (135 o bapurau a gyhoeddwyd rhwng 2008 a 2020) a ddatgelodd heriau technegol a chysyniadol amrywiol a allai atal defnydd effeithiol o gysyniadau a dulliau gwasanaethau ecosystem y tu allan i'r byd academiaidd. Nododd yr awduron ddau brif gyfyngiad ar weithrediad mapio ecosystem: (1) diffyg iaith gyffredin yn y maes ac amrywiaeth dulliau mapio; a (2) cyfranogiad annigonol rhanddeiliaid wrth gynllunio astudiaeth ecosystem. Er mwyn gwella defnyddioldeb mapiau, fe awgrymon nhw fod llwybrau ar gyfer gwella yn driphlyg: (1) gwella'r rhwyddineb i ddefnyddwyr newydd fapio gwasanaethau ecosystem a defnyddio mapiau presennol i gyflawni perfformiad uchel wrth wneud penderfyniadau; (2) datblygu dangosyddion generig y gellir eu haddasu i amodau lleol; a (3) cynyddu atgynhyrched dulliau mapio.

Fel y dywed Egwyddorion Data FAIR, dylai data gwyddonol fod yn "Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable" (Wilkinson *et al.* 2016). Awgryma Bitoun *et al.* (2021) y dylai dulliau ac offer mapio ecosystem ddilyn egwyddorion tebyg i wella eu gweithrediad. Gallai hyn hyrwyddo defnydd gweithredol, cyson a dyblygadwy o offer a dulliau. Mae'r awduron yn cynnig y gallai datblygu plattform gwe data agored cydweithredol i gasglu mapiau ecosystem fod yn un o'r ffyrdd o symud ymlaen. Byddai plattform o'r fath nid yn unig yn cynyddu gwelededd allbynnau mapio gwasanaethau ecosystem i benderfynwyr a llunwyr polisi, ond hefyd yn caniatáu i ymchwilwyr nodi ardaloedd gwag lle mae angen asesiadau gwasanaethau ecosystem a datgelu anghysondebau â mapiau eraill i annog cydweithredu gwyddonol.

Casgliadau ac argymhellion

Gwasanaethau ecosystem pridd

- Mae priddoedd yn sylfaenol i ddarparu pob un o'r pedwar categori o wasanaethau ecosystem, 1) gwasanaethau darparu (ffynhonnell deunyddiau crai a chynhyrchu biomas) 2) gwasanaethau rheoleiddio (e.e. hinsawdd, rheoleiddio llifogydd neu atal erydu), 3) gwasanaethau diwylliannol (e.e. archif archaeolegol, esthetig neu hamdden) a 4) gwasanaethau cefnogi (e.e. cynefin neu fioamrywiaeth). Mae'r ystod o wahanol nodweddion pridd a'r rhyngweithio rhyngddynt (e.e. gwead, dyfnder, strwythur, faint o gerrig a'r gyfundrefn hydrolegol) yn dylanwadu ar y mathau o wasanaethau ecosystem mae gwahanol dirweddau'n eu darparu. Mae ffactorau rheoli tir, hinsoddol a safle (e.e. uchder, topograffi) yn rhyngweithio â nodweddion pridd i ddylanwadu ymhellach ar ddarpariaeth gwasanaethau ecosystem.
- Mae nifer o deipolegau rhyngwladol o wasanaethau ecosystem, gan gynnwys y Dosbarthiad Rhyngwladol Cyffredin o Wasanaethau Ecosystem (CICES), a ddefnyddir yn aml yn yr UE. Yn y CICES, mae gwasanaethau ecosystem yn gysylltiedig â phridd os yw eu cyflenwad yn cael ei reoli'n uniongyrchol ac yn fesuradwy gan briddoedd a'u nodweddion, eu prosesau a'u swyddogaethau. O'r 83 dosbarth o wasanaethau ecosystem a ddiffinnir yn y CICES, nododd Paul *et al.* (2020) 29 dosbarth (35%) yr ystyriwyd eu bod yn gysylltiedig â phridd. Er hynny, nid yw diffiniad y CICES yn cynnwys unrhyw wasanaethau diwylliannol sy'n gysylltiedig â phridd.
- Mae nifer o awduron wedi amlinellu fframweithiau i gysylltu swyddogaethau pridd ac ecosystemau pridd. Mae'r rhain yn ymwneud â nodweddion pridd cynhenid (e.e. gwead, dyfnder, faint o gerrig) a hydrin (e.e. cyflenwad maethynnau, pH, gorchudd tir), gyda phrosesau pridd (e.e. maethynnau neu ailgylchu dŵr), sbardunau allanol (e.e. defnydd tir, hinsawdd, arferion ffermio) a gwasanaethau ecosystem.

Mapio gwasanaethau ecosystem pridd

- Mae mapiau'n hwyluso'r broses o wneud penderfyniadau drwy ddarparu ffordd effeithlon o gyfleu gwybodaeth gymhleth drwy gynrychiolaeth weledol ac maent yn ddefnyddiol ar gyfer blaenoriaethu a nodi problemau mewn ffordd sy'n eglur yn ofodol. Maent yn offeryn cyfathrebu pwysig ar gyfer trafod gyda rhanddeiliaid sy'n galluogi gweld ble mae gwasanaethau ecosystem yn cael eu cynhyrchu a/neu eu defnyddio. Cafodd mapio gwasanaethau ecosystem amlygrwydd yn Ewrop o dan Strategaeth Bioamrywiaeth yr UE hyd at 2020 (UE, 2011), a sefydlodd fframwaith ar gyfer mapio yn seiliedig ar gysylltiadau rhwng ecosystemau a systemau economaidd-gymdeithasol. Er mwyn cefnogi'r broses o wneud penderfyniadau yn effeithiol, dylai mapiau fod yn gadarn, yn dryloyw ac yn berthnasol i rhanddeiliaid (Wileman *et al.*, 2015).
- Mae mapio gwasanaethau ecosystem yn hwyluso dealltwriaeth nid yn unig o faint o wasanaeth sy'n cael ei ddarparu, ond dosbarthiad gofodol y gwasanaeth hwnnw. Gellir defnyddio mapiau i nodi ble mae gwasanaethau ecosystem yn cael eu darparu/defnyddio, wrth wneud penderfyniadau (e.e. cynllunio) sy'n ymwneud â chamfanteisio ar wasanaethau, wrth brisio ecosystem, i gyfathrebu â rhanddeiliaid ac i bennu synergeddau a manteision ac anfanteision rhwng gwasanaethau ecosystem.
- Mae dulliau mapio wedi'u grwpio'n bum categori, 1) y tabl 'cyfeirio' (e.e. cysylltu gwerthoedd gwasanaethau ecosystem â dosbarthiadau gorchudd tir), 2) gwybodaeth arbenigol, 3) gwybodaeth sefydledig am gysylltiadau achosol rhwng gwasanaethau a gwybodaeth ofodol, 4) allosod o ddata sylfaenol megis arolygon maes a 5) atchweliad meintiol a modelau system ecolegol-gymdeithasol. Mae'r ddau ddull cyntaf yn fwyaf priodol os mai diben y map yw darparu trosolwg o wasanaethau ecosystem (e.e. presenoldeb neu absenoldeb). Mewn cyferbyniad, efallai y bydd y dulliau olaf hyn yn gallu cynhyrchu mapiau gyda mwy o fanylder (yn dibynnu ar argaeledd data).

Setiau data

- Fel rhan o'r prosiect hwn, lluniwyd metadata sy'n ymwneud â chronfeydd data y DU, Ewropeaidd a byd-eang sy'n berthnasol i swyddogaethau pridd a gwasanaethau ecosystem mewn taenlenni Excel cysylltiedig. Roedd y taenlenni'n disgrifio pob set ddata, gan gynnwys ei lleoliad, awduron, cynnwys (h.y. y mathau o ddata pridd), maint a chydriadiad gofodol, perthnasedd i Gymru, ffynhonnell ddata, argaeledd a defnyddioldeb, methodoleg, cyfyngiadau, fformat ac unrhyw gyhoeddiadau cysylltiedig.
- Casglwyd manylion am >70 o ffynonellau data posibl yn y DU, gan gynnwys Arsyllfa Pridd y DU, y System Gwybodaeth Tir (LandIS), mapiau gorchudd tir UKCEH a DataMapWales. Yn ogystal, mae metadata sy'n ymwneud â thua 60 o ffynonellau Ewropeaidd (o'r Gronfa Ddata Pridd Ewropeaidd) a byd-eang (e.e. cronfa ddata pridd fyd-eang wedi'i chysoni neu wasanaeth gwybodaeth pridd y byd) wedi'u casglu. Mae'r setiau data'n cynnwys ystod o baramedrau pridd y gellid eu defnyddio o bosibl wrth ddatblygu mapiau gwasanaethau ecosystem ond nad ydynt yn darparu data ar y gwasanaethau eu hunain.

Argymhellion

Dylid ystyried y ffactorau canlynol wrth fapio gwasanaethau ecosystem neu swyddogaethau pridd:

1. **Prif ddiben y map.** Mae mapiau'n ffordd effeithlon o gyfleu gwybodaeth gymhleth sy'n amrywio'n ofodol. Nid yw mapiau manwl neu fwy cymhleth yn fwy effeithiol o reidrwydd. Bydd angen llawer llai o fanylion ar fap y bwriedir iddo roi trosolwg cyffredinol o ddosbarthiad gwasanaethau ecosystem (e.e. presenoldeb neu ddigonedd) nag un a fwriedir i werthuso effaith mesur rheoli penodol ar ddarparu gwasanaethau ecosystem.

2. **Methodoleg fapio.** Disgrifiwyd pum categori eang o ddull mapio yn y llenyddiaeth (am fwy o fanylion, gweler Adran 0 a **Ffigur 14**):
 - i. Y tabl cyfeirio. Dull syml a ddefnyddir yn eang sy'n cysylltu gwasanaethau ecosystem â gwybodaeth ddaeryddol yn uniongyrchol. Y dull mwyaf cyffredin yw data gorchudd tir y gellir ei ddefnyddio fel dirprwyon ar gyfer cyflenwi gwahanol wasanaethau ecosystem (neu'r galw amdanynt). Enghraifft o ddull tabl cyfeirio fyddai cael gwasanaeth ecosystem o ystadegau megis maint cnwd ar gyfer cynhyrchu amaethyddol (am fwy o fanylion, gweler Adran 0 a **Ffigur 15**).
 - ii. Gwybodaeth arbenigol. Dulliau sy'n dibynnu'n bennaf ar wybodaeth arbenigol, gan gynnwys amcangyfrifon o werthoedd ecosystem mewn tablau cyfeirio a dulliau eraill megis arolygon Delphi (proses aml-gam ailadroddol sy'n trawsnewid barn yn gonsensws grŵp).
 - iii. Cysylltiadau achosol. Dull sy'n amcangyfrif gwasanaethau ecosystem yn seiliedig ar gysylltiadau adnabyddus rhwng gwasanaethau a gwybodaeth ofodol o lenyddiaeth neu ystadegau. Er enghraifft, gellir amcangyfrif cynhyrchiant pren gan ddefnyddio ystadegau cynaeafu ar gyfer gwahanol ardaloedd, trychluniau a mathau o goedwigoedd a ddarperir mewn rhestr goedwigoedd genedlaethol.
 - iv. Allosod o ddata sylfaenol. Dulliau sy'n amcangyfrif gwasanaethau ecosystem sy'n deillio o ddata sylfaenol megis arolygon maes sy'n gysylltiedig â gwybodaeth ofodol.
 - v. Atchweliad meintiol a modelau system ecolegol-gymdeithasol. Dulliau sy'n cyfuno data maes gwasanaethau ecosystem yn ogystal â gwybodaeth o lenyddiaeth sy'n gysylltiedig â data gofodol.
3. **Argaeledd, ansawdd a dibynadwyedd data.** Un o'r cyfyngiadau allweddol i fapio llwyddiannus yw diffyg data cyfredol dibynadwy. Defnyddir data sylfaenol yn aml i fapio gwasanaethau darparu, e.e., cyflenwad bwyd neu ffibr tra bod llawer o wasanaethau rheoleiddio, cefnogi a diwylliannol yn dibynnu'n aml ar ddirprwyon ar gyfer eu meintoli. Lle bo angen defnyddio dangosyddion neu ddirprwyon, dylai'r rhain fod yn seiliedig ar dystiolaeth wyddonol sefydledig a chysylltiadau hysbys rhwng y dirprwy a'r gwasanaeth neu'r swyddogaeth sy'n cael ei mapio. Swyddogaethau trosglwyddo pridd (h.y. (gellir defnyddio swyddogaethau sy'n rhagweld nodweddion pridd eilaidd o nodweddion mesuredig) ond dylid asesu eu cymhwysedd mewn lleoliadau penodol (bydd llawer wedi'u pennu o dan amodau pridd neu amgylcheddol penodol). Fel arall, gellir defnyddio 'barn arbenigol' i ddiffinio cysylltiadau rhwng swyddogaethau a gwasanaethau, ond dylid cydnabod cyfyngiadau data goddrychol. Dylid pennu isafswm dibynadwyedd, cywirdeb, cydraniad ac eglurder y map.
4. **Defnyddwyr terfynol y map.** Dylai cymhlethdod y map fod yn briodol i'r rhanddeiliaid a fydd yn defnyddio'r wybodaeth sydd ynddo. Mae mapiau a rhyngwynebaw defnyddwyr sydd wedi'u dylunio'n dda yn sicrhau bod mapiau'n hawdd eu dehongli ac yn offeryn defnyddiol ar gyfer delweddu lleoliad swyddogaethau pridd neu wasanaethau ecosystem. Er enghraifft, canfu'r rhanddeiliaid fod map syml a gynhyrchwyd gan Smith a Dunford (2018), a oedd yn seiliedig i raddau helaeth ar farn arbenigol, yn ddefnyddiol iawn i ddangos darpariaeth gwasanaethau ecosystem ar lefel leol (gweler Adran 0 a **Ffigur 21** am fwy o fanylion).
5. **Maint ac ardal ddaeryddol y map.** Mae dewis ardal briodol i'w mapio yn bwysig gan y gall swyddogaethau pridd a gwasanaethau ecosystem weithredu ar wahanol raddfeydd. Bydd nod y map (h.y. y cwestiwn y bwriedir iddo helpu i'w ateb) neu'r swyddogaeth pridd neu'r gwasanaeth ecosystem sy'n cael ei fapio, yn pennu'r maint daeryddol. Gall hyn amrywio o'r cae neu'r fferm, hyd at ardaloedd gweinyddol, siroedd, rhanbarthau, cwmpas cenedlaethol, rhyngwladol neu fyd-eang. Yn ogystal â maint gofodol y map, mae angen dewis graddfa

briodol hefyd. Gall set ddata ar raddfa fras fod yn addas ar gyfer graddfa genedlaethol neu ranbarthol, ond gallai datrysiaid manylach fod yn briodol ar y raddfa leol. Dylai maint y map gyd-fynd â maint y penderfyniadau perthnasol; gall mapiau ar raddfa fach asesu effaith newidiadau mewn rheolaeth tir ar raddfa leol, tra bod mapiau ar raddfa fwy bras yn briodol i'w defnyddio wrth wneud penderfyniadau polisi defnydd tir cenedlaethol. Efallai y bydd rhai manteision ac anfanteision rhwng graddfeydd, cywirdeb a dichonoldeb. Er enghraifft, cymharodd Scammacca *et al.* (2022) bedwar gwasanaeth ecosystem yn seiliedig ar bridd gan ddefnyddio tri map pridd ar y graddfeydd 1:1,000,000, 1:250,000 a 1:50,000 i archwilio effeithiau newid graddfa ofodol data pridd. Canfuwyd bod y tri map pridd yr un mor ddefnyddiol pan oedd lefelau gwasanaethau ecosystem wedi'u cyfartaleddu dros ardal fawr (100 km²) gydag effeithiau graddfa gyfartalog o tua 10%. Fodd bynnag, cyflwynodd y mapiau ar raddfeydd o 1:1,000,000 a 1:250,000 ragfarnau wrth asesu lefelau gwasanaethau ecosystem dros unedau gofodol sy'n llai na 100 a 10 km², yn y drefn honno. Arweiniodd symleiddio amrywiaeth a dosbarthiad gofodol priddoedd ar y ddwy raddfa fwyaf bras at wahaniaethau lleol mewn lefelau gwasanaethau ecosystem yn amrywio o sawl 10 i sawl 100% (am fwy o fanylion, gweler 0, **Ffigur 33** a **Ffigur 34**).

6. **Y cyflenwad a'r galw am ecosystemau. Wrth fapio gwasanaethau ecosystem pridd, mae'r capasiti ar gyfer darparu gwasanaethau a lefel y gwasanaethau a ddarperir yn bwysig, yn ogystal â'r galw am y gwasanaethau hynny.** Er enghraifft, defnyddiodd Butlin *et al.* (2015) ddull mapio pedwar cam i asesu amsugnad sŵn seilwaith gwyrdd. Defnyddiwyd y pedwar map i 1) nodi'r math o seilwaith gwyrdd, 2) meintoli faint o sŵn sy'n cael ei amsugno gan y seilwaith gwyrdd hwnnw, 3) nodi'r galw am amsugno sŵn a 4) nodi ardaloedd lle cafodd y galw ei ateb neu lle na chafodd ei ateb (am fwy o fanylion, gweler Adran 1.1.1 a **Ffigur 20**).
7. **Gofyniad ar gyfer llinell sylfaen.** Mae llinell sylfaen yn cynrychioli'r amodau cychwynnol neu'r ddarpariaeth gwasanaethau ecosystem. Mae'n darparu man cychwyn ar gyfer monitro newidiadau dros amser dros y tymor byr neu'r tymor hir neu ar gyfer gosod targedau. Lle mae data'n bodoli, gallai'r llinell sylfaen fod yn seiliedig ar ddata'r gorffennol i nodi newidiadau hyd at y dyddiad presennol.
8. **Rhyngweithiadau rhwng ecosystemau neu swyddogaethau pridd.** Gall y rhan fwyaf o ecosystemau ddarparu mwy nag un gwasanaeth ecosystem. Fodd bynnag, mewn rhai sefyllfaoedd, nid oes modd darparu pob gwasanaeth ar yr un pryd, gan arwain at fanteision ac anfanteision sy'n gallu newid math, maint a chymysgedd y gwasanaethau a ddarperir gan ecosystem. Er enghraifft, mapiodd Rovai *et al.* (2023) bum gwasanaeth ecosystem (darparu, ansawdd pridd, erydu a rheoli symudiadau torfol, rheoleiddio llif dŵr a chynnal cynefinoedd) gan ddefnyddio dadansoddiad clwstwr. Ar gyfer pob gwasanaeth, dyrannwyd sgôr o rhwng 0 (cyflenwad isel) a 10 (cyflenwad uchel). Aeth y dadansoddiad clwstwr ati i nodi a rheoli chwe 'bwndel gwasanaethau ecosystem' a oedd yn unffurf o ran capasiti i ddarparu cyfuniadau penodol o'r pum gwasanaeth ecosystem sydd wedi'u mapio. Roedd y map a ddeilliodd o hynny (a graffiau radar cysylltiedig) yn caniatáu nodi ardaloedd â chyflenwad cytbwys neu anghytwys o'r pum gwasanaeth ecosystem (am fwy o fanylion, gweler Adran 0 a **Ffigur 30**).
9. **Amcangyfrifon o ansicrwydd a chywirdeb.** Mae bron pob map yn cyflwyno allbynnau o fodolau, sydd (fel y mapiau eu hunain) yn symleiddio realiti. Mae'r arferion mapio gorau yn eglur wrth ddisgrifio rhagdybiaethau enghreifftiol, data sylfaenol a dulliau enghreifftiol, ac yn nodi diben creu mapiau (Willemen *et al.*, 2015). Gall prosesau dilysu enghreifftiol gynnwys arbenigwyr, croesddilysu gyda modelau eraill, cymharu â modelau eraill a/neu ddilysu gyda data sylfaenol neu faes.

Cyfeiriadau

- Adhikari, K. a Hartemink, A.E. (2015). Linking soils to ecosystem services — A global review. *Geoderma*, 262, 101-111.
- Aitken, M.J. a Coull, M.C. (2018). Digital mapping of soil ecosystem services in Scotland using neural networks and relationship modelling. Rhan 2: Mapping of soil ecosystem services. *Soil Use and Management*, 35, 217-231.
- Bagstad, K.J., Semmens, D.J., Wagge, S. a Winthrop, R. (2013). A comparative assessment of decision-support tools for ecosystem services quantification and valuation. *Ecosystem Services*, 5, e27-e39.
- Baveye, P.C., Baveye, J. a Gowdy, J. (2016). Soil “Ecosystem” Services and Natural Capital: Critical Appraisal of Research on Uncertain Ground. *Frontiers in Environmental Science*, 4:41.
- Baveye, P.C. (2020). Bypass and hyperbole in soil research: Worrying practices critically reviewed through examples. *European Journal of Soil Science*, 72, 1-20.
- Bitoun, R.E., Trégarot, E. a Devillers, R. (2021). Bridging theory and practice in ecosystem services mapping: adolygiad systematig. *Environment Systems and Decisions*, 42, 103-116.
- Blum, W. (2005). Soils and climate change, *Journal of Soils and Sediments*, 5, 67-68.
- Boerema, A., Rebelo, A.J., Bodi, M.B., Esler, K.J a Meire, P. (2017). Are ecosystem services adequately quantified? *Journal of Applied Ecology*, 54, 358-370.
- Burkhard, B., Kroll, F. a Müller, F. (2010). Landscapes’ capacities to provide ecosystem services – a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, 15, 1-22.
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S. a Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29.
- Burkhard, B. (2017). *Ecosystem services matrix*. Yn: Burkhard, B. a Maes, J. (Gol.) (2017). Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, 374 tt.
- Burkhard, B. a Maes, J. (Gol.) (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia, 374 tt
- Burkhard, B., Santos-Martin, F., Nedkov, S. a Maes, J. (2018). An operational framework for integrated Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES). *One Ecosystem*, 3: e22831.
- Butlin, T., Gill, S. a Nolan, P. (2015). *An ecosystem services mapping method for use in green infrastructure planning*. The Mersey Forest and the Green Infrastructure Think Tank.
- Cimon-Morin, J., Darveau, M. a Poulin, M. (2013). Fostering synergies between ecosystem services and biodiversity in conservation planning: A review. *Biological Conservation*, 166, 144-154.
- Czúcz, B., Arany, I., Potschin-Young, M., Bereczki, K., Kertész, M., Kiss, M. Aszalós, R. a Haines-Young, R. (2018). Where concepts meet the real world: A systematic review of ecosystem service indicators and their classification using CICES. *Ecosystem Services*, 29, 145-157.
- Dales, N., Brown, N. a Lusardi, J. (2014). *Assessing the potential for mapping ecosystem services in England based on existing habitats*. Natural England Research Report NERRO56.
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. a Willemsen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7, 260-272.

- Dominati, E., Patterson, M. a Mackay, A. (2010). A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. *Ecological Economics*, 69, 1858-1868
- Comisiwn Ewropeaidd (2006). Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Thematic strategy for soil protection*. COM (2006) 231 final.
- Comisiwn Ewropeaidd (2011). Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020*. COM (2011) 244 final.
- Comisiwn Ewropeaidd (2021). Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *EU Soil Strategy for 2030. Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate*. COM (2021) 699 final.
- FAO (2015). *Healthy soils are the basis for healthy food production*. Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- Gonzalez-Redin, J., Luque, S., Poggio, L., Smith, R. a Gimona, A. (2016). Spatial Bayesian belief networks as a planning decision tool for mapping ecosystem services trade-offs on forested landscapes. *Environmental Research*, 144, 15-26.
- Grêt-Regamey, A., Weibel, B., Rabe, S-E. a Burkhard, B. (2017). *A tiered approach for ecosystem services mapping*. Yn: Burkhard, B. a Maes, J. (Gol.) (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia, 374 tt.
- Haines-Young, R. a Potschin, M.B. (2010). *The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being*. Yn: Raffaelli, D., Frid, C. (Gol.), *Ecosystem Ecology: A New Synthesis*, BES Ecological Reviews Series. Ecosystem E, Cambridge.
- Hallett, S.H., Sakrabani, R., Keay, C.A. a Hannam, J. A. (2017). Developments in land information systems: examples demonstrating land resource management capabilities and options. *Soil Use and Management*, 33, 514-529.
- Hardaker, A., Pagella, T. a Rayment, M. (2020). Integrated assessment, valuation and mapping of ecosystem services and dis-services from upland land use in Wales. *Ecosystem Services*, 43, 101098.
- Haygarth, P.M. a Ritz, K. (2009). The future of soils and land use in the UK: Soil systems for the provision of land-based ecosystem services. *Land Use Policy*, 265, S187-197
- Jacobs, S., Verheyden, W. a Dendoncker, N. (2017). *Why to map?* Yn: Burkhard, B. a Maes, J. (Gol.) (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Pensoft Publishers, Sofia, 374 tt.
- Laporta, L., Domingos, T. a Marta-Pedroso, C. (2021). Mapping and assessment of ecosystems services under the proposed MAES European common framework: methodological challenges and opportunities. *Land*, 10, 1040
- Lavorel, S., Bayer, A., Bondeau, A., Lautenbach, S., Ruiz-Frau, A., Schulp, N., Seppelt, R., Verburg, P., van Teeffelen, A., Vannier, C., Arneth, A., Cramer, W. a Marba, N. (2017). Pathways to bridge the biophysical realism gap in ecosystem services mapping approaches. *Ecological Indicators*, 74, 241-260.
- Maes, J., Egoh, B., Willemen, L., Liqueite, C., Vihervaara, P., Schägner, J.P., Grizzetti, B., Drakou, E.G., La Notte, A., Zulian, G., Bouraoui, F., Paracchini, M.L., Braat, L. a Bidoglio, G. (2012). Mapping

- ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1, 31-39.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Liqueste, C., Braat, L., Berry, P., Egoh, B., Puydarrieux, P., Fiorina, C., Santos, F., Paracchini, M.L., Keune, H., Wittmer, H., Hauck, J., Fiala, I., Verburg, P.H., Condé, S., Schägner, J.P., San Miguel, J., Estreguil, C., Ostermann, O., Barredo, J.I., Pereira, H.M., Stott, A., Laporte, V., Meiner, A., Olah, B., Royo Gelabert, E., Spyropoulou, R., Petersen, J.E., Maguire, C., Zal, N., Achilleos, E., Rubin, A., Ledoux, L., Brown, C., Raes, C., Jacobs, S., Vandewalle, M., Connor, D. a Bidoglio, G. (2013). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Maes, J., Fabrega, N., Zulian, G., Barbosa, A., Vizcaino, P., Ivits, E., Polce, C., Vandecasteele, I., Rivero, M.R., Guerra, C., Perpiña Castillo, C., Vallecillo, S., Baranzelli, C., Barranco, R., Batista e Silva, F., Jacobs-Crisoni, C., Trombetti, M. a Lavalle, C. (2015). *Mapping and assessment of ecosystem and their services. Trends in ecosystems and ecosystem services in the European Union between 2000 and 2010*. JRC Science and Policy Report.
- Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Grizzetti, B., Barredo, J.I., Paracchini, M.L., Condé, S., Somma, F., Orgiazzi, A., Jones, A., Zulian, A., Vallecillo, S., Petersen, J.E., Marquardt, D., Kovacevic, V., Abdul Malak, D., Marin, A.I., Czúcz, B., Mauri, A., Löffler, P., Bastrup-Birk, A., Biala, K., Christiansen, T. a Werner, B. (2018). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for ecosystem condition*. Publications office of the European Union, Luxembourg.
- Maseyk, F.J.F., MacKay, A.D., Possingham, H.P., Dominati, E.J. a Buckley, Y.M. (2017). Managing natural capital stocks for the provision of ecosystem services. *Conservation Letters*, 10, 211-220
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Cynulliad Cenedlaethol Cymru, 2013. *Coedwigaeth yng Nghymru*.
- Cyfoeth Naturiol Cymru, 2018. Arolwg Cynefinoedd Cam 1 Daearyl. https://mapdata.llyw.cymru/layers/geonode:nrw_terrestrial_phase_1_habitat_survey
- Parker, N., Naumann, E.-K., Medcalf, K., Haines-Young, R., Potschin, M., Kretsch, C., Parker, J. a Burkhard, B. (2016). National ecosystem and ecosystem service mapping pilot for a suite of prioritised services. *Irish Wildlife Manuals*, No. 95. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage, Regional, Rural and Gaeltacht Affairs, Ireland.
- Paul, C., Kuhn, K., Steinhoff-Knopp, B., Weißhuhn, P. a Helming, K. (2021). Towards a standardization of soil-related ecosystem service assessments. *European Journal of Soil Science*, 72, 1543-1558
- Perschke, M.J., Harris, L.R., Sink, K.J. a Lombard, A.T. (2023). Using ecological infrastructure to comprehensively map ecosystem service demand, flow and capacity for spatial assessment and planning. *Ecosystem Services*, 62, 101536.
- Petter, M., Mooney, S., Maynard, S.M., Davidson, A., Cox, M. a Horosak, I. (2012). A methodology to map ecosystem functions to support ecosystem services assessments. *Ecology and Society*, 18(1), 31.
- Rendon, P., Steinhoff-Knopp, B. a Burkhard, B. (2022). Linking ecosystem condition and ecosystem services: A methodological approach applied to European agroecosystems. *Ecosystem Services*, 53, 101387.

- Renison, D., Hensen, I., Suarez, R., Cingolani, A.M., Marcora, P. a Giorgis, M.A. (2010). Soil conservation in Polylepis mountain forests of Central Argentina: Is livestock reducing our natural capital? *Austral Ecology*, 35, 435-443.
- Rieb, J.T., Chaplin-Kramer, R., Daily, G.C., Armsworth, P.R., Böhning-Gaese, K., Bonn, A., Cumming, G.S., Eigenbrod, F., Grimm, V., Jackson, B.M., Marques, A., Pattanayak, S.K., Pereira, H.M., Peterson, G.D., Ricketts, T.H., Robinson, B.E., Schröter, M., Schulte, L.A., Seppelt, R., Turner, M.G. a Bennett, E.M. (2017). When, where, and how nature matters for ecosystem services: challenges for the next generation of ecosystem service models. *BioScience*, 67, 820-833.
- Robinson, D.A., Jackson, B.M., Clothier, B.E., Dominati, E.J., Marchant, S.C., Cooper, D.M. a Bristow, K.L. (2013). Advances in Soil Ecosystem Services: Concepts, Models, and Applications for Earth System Life Support. *Vadose Zone Journal*, 12 (4) vzj2013.01.0027.
- Robinson, D.A., Panagos, P., Borrelli, P., Jones, A., Montanarella, L., Tye, A. ac Obst, C.G. (2017). Soil natural capital in Europe; a framework for state and change assessment. *Scientific Reports*, 7:6706
- Rodrigues, A.F., Latawiec, A.E., Reid, B.J. Solórzano, A., Schuler, A.E., Lacerda, C., Fidalgo, E.C.C., Scarano, F.R., Tubenclak, F., Pena, I., Vicente-Vicente, J.L., Korys, K.A., Cooper, M., Fernandes, N.F., Prado, R.B., Maioli, V., Dib, V. a Teixeira, W.G, (2021). Systematic review of soil ecosystem services in tropical regions. *Royal Society Open Science*, 8, 201584.
- Rovai, M., Trinchetti, T., Monacci, F. ac Andreoli, M. (2023). Mapping ecosystem services bundles for spatial planning with the AHP technique: a case study in Tuscany (Italy). *Land*, 12, 1123.
- Rutgers, M., van Wijnen, H.J., Schouten, A.J., Mulder, C., Kuiten, A.M.P., Brussard, L. a Breure, A.M. (2012). A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms. *Science of the Total Environment*, 415, 39-48.
- Scammacca, O., Sauzet, O., Michelin, J., Choquet, P., Garnier, P., Gabrielle, B., Baveye, P.C. a Montagne, D. (2023). Effect of spatial scale of soil data on estimates of soil ecosystem services: Case study in 100 km² area in France. *European Journal of Soil Science*, 74, e13359.
- Schröter, M., Barton, D.N., Remme, R.P. a Hein, L. (2014). Accounting for capacity and flow of ecosystem services: A conceptual model and a case study for Telemark, Norway. *Ecological Indicators*, 36, 539-551.
- Schulp, C.J.E., Burkhard, B., Maes, J., Van Vliet, J., Verburg, P.H. a Yue, G.H. (2014). Uncertainties in ecosystem service maps: a comparison on the European scale. *PLoS One*, 9 (10), e109643.
- Seppelt, R., Dormann, C.F., Eppink, F.V., Lautenbach, S. a Schmidt, S. (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of Applied Ecology*, 48 (3), 630–636.
- Smith, A. a Dunford, R. (2018). *Land-cover scores for ecosystem service assessment. Tools for planning and evaluating urban green infrastructure: Bicester and beyond*. Environmental Change Institute.
- Spake, R., Bellamy, C., Graham, L.J. Watts, K., Wilson, T., Norton, L.R., Wood, C.M., Schmucki, R., Bullock, J.M. ac Eigenbrod, F. (2019). An analytical framework for spatially targeted management of natural capital. *Nature Sustainability*, 2, 90-97.
- Turkelboom, F., Leone, M., Jacobs, S., Kelemen, E., García-Llorente, M., Baró, F., Termansen, M., Barton, D.N., Berry, P., Stange, E., Thoonen, M., Kalóczkai, Á., Vadineanu, A., Castro, A.J., Czúcz, B., Röckmann, C., Wurbs, D., Odee, D., Preda, E., Gómez-Baggethun, E., Rusch, G.M., Martínez Pastur, G., Palomo, I., Dick, J., Casaer, J., van Dijk, J., Priess, J.A., Langemeyer, J., Mustajoki, J., Kopperoinen,

- L., Baptist, M.J., Peri, P.L., Mukhopadhyay, R., Aszalós, R., Roy, S.B., Luque, S. a Rusch, V. (2018). When we cannot have it all: Ecosystem services trade-offs in the context of spatial planning. *Ecosystem Services*, 29, 566-578.
- Vogel, H-J., Eberhardt, E., Franko, U., Lang, B., Ließ, M., Weller, U., Wiesmeier, M. a Wollschläger, U. (2019). Quantitative Evaluation of Soil Functions: Potential and State. *Frontiers in Environmental Science*, 7:164.
- Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, I. *et al.* (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3, 160018 doi.org/10.1038/sdata.2016.18
- Willemen, L., Burkhard, B., Crossman, N., Drakou, E.G. a Palomo, I. (2015). Editorial: Best practices for mapping ecosystem services. *Ecosystem Services*, 13, 1-5.
- Zulian, G., Paracchini, L., Maes, J. a Liqueste, C. (2013). *ESTIMAP: Ecosystem services mapping at European scale*. JRC Technical Reports. Comisiwn Ewropeaid.