

Amcangyfrif maint poblogaeth a chanran y moch daear a frechwyd yn yr Ardal Triniaeth Ddwys

Adroddiad i Lywodraeth Cymru

Freya Smith, Andrew Robertson, Graham Smith, Richard Delahay

Cwblhawyd 30 Ionawr 2017



Animal &
Plant Health
Agency

Tabl Cynnwys

1. Crynodeb gweithredol	2
2. Cyflwyniad	3
3. Dulliau.....	4
3.1. Dull cyffredinol.....	4
3.2. Dal blew mewn magl	4
3.3. Brechu.....	5
3.4. Samplu blew moch daear a frechwyd	5
3.5. Genoteipio.....	5
3.6. Rheoli ansawdd data.....	6
3.7. Nodi alelau nwl.....	6
3.8. Paru samplau o faglau	6
3.9. Model poblogaeth.....	7
4. Canlyniadau.....	7
4.1. Crynodeb o'r samplau a gasglwyd ac a enoteipiwyd.....	7
4.2. Paru samplau o faglau	9
4.3. Model poblogaeth.....	10
5. Trafodaeth	10
Cyfeiriadau.....	14
Atodiad A – Nodi proffiliau DNA cymysg.....	16
Atodiad B – Manylion paru samplau o faglau.....	20
Atodiad C - Model poblogaeth	24
Atodiad D - Amrywio ar lefel y frochfa.....	28

1. Crynodeb gweithredol

1.1. Mae'r Ardal Triniaeth Ddwys (IAA), a sefydlwyd yn 2010, yn ardal 288 cilomedr sgwâr a leolir yn bennaf yng ngogledd Sir Benfro lle mae mesurau rheoli cadarnach ar waith er mwyn mynd i'r afael â ffynonellau TB buchol mewn gwartheg.

1.2. Un o nodweddion yr IAA ers 2012 fu'r broses flynyddol o frechu moch daear am gyfnod arfaethedig o bum mlynedd.

1.3. Yn 2015 (pedwaredd flwyddyn y prosiect brechu), comisynodd Llywodraeth Cymru astudiaeth er mwyn amcangyfrif maint y boblogaeth moch daear yn yr IAA a chanran y boblogaeth a frechwyd yn 2015.

1.4. Defnyddiwyd dull sefydledig (paru samplau o faglau) i gymharu proffiliau genetig pob mochyn daear â phroffiliau genetig anifeiliaid y casglwyd eu blew o faglau dal blew weiren bigog a osodwyd mewn sampl ar hap o brif frochfeydd yn yr IAA. Amcangyfrifwyd canran y boblogaeth moch daear a frechwyd yn 2015 fel canran y moch daear y daliwyd eu blew mewn magl a oedd yn cyfateb i broffil moch daear a frechwyd.

1.5. Cyfrifwyd maint y boblogaeth fel cyfanswm nifer y moch daear a frechwyd, wedi'i rannu â chanran amcangyfrifedig y boblogaeth a frechwyd yn 2015.

1.6. Cynhaliwyd y broses frechu yn yr IAA rhwng mis Mai a mis Hydref 2015. Casglwyd blew ar gyfer genoteipio o 1118 o foch daear a frechwyd. Bu modd defnyddio data o gyfanswm o 95% o'r samplau blew o foch daear a frechwyd ar gyfer genoteipio.

1.7. Cynhaliwyd y broses o ddal blew rhwng mis Mehefin a mis Rhagfyr 2015. Defnyddiwyd cyfanswm o 560 o faglau dal blew ar 72 o brif frochfeydd (yn amrywio o 2 i 18 o faglau fesul brochfa), gan roi 682 o samplau unigryw o ddiwrnodau magl. Bu modd defnyddio cyfanswm o 39% o'r samplau blew ar gyfer genoteipio.

1.8. Yn seiliedig ar baru genoteipiau o faglau dal blew a moch daear a frechwyd, amcangyfrifwyd bod rhwng 44 a 65% o'r boblogaeth moch daear yn yr IAA wedi'u brechu yn 2015 (cyfwng hyder o 95%).

1.9. Amcangyfrifwyd bod rhwng 1645 a 2457 o foch daear yn yr IAA (cyfwng hyder o 95%), sy'n hafal i ddwysedd o rhwng 5.7 ac 8.5 o foch daear fesul cilomedr sgwâr.

1.10. Yn seiliedig ar ganlyniadau'r astudiaeth bresennol, amcangyfrifodd gwaith modelu poblogaeth y gallai rhwng 70% ac 85% o gyfanswm y boblogaeth fod wedi cael o leiaf un dos o frechlyn erbyn diwedd ymgyrch frechu pedair blynedd, gan dybio bod y cwmpas blynyddol yn gyson â'r un a arsylwyd yn 2015.

1.11. Yr astudiaeth hon yw'r ymgais gyntaf i amcangyfrif canran y moch daear a frechwyd drwy broses dal a chwistrellu. Mae'r canlyniadau'n awgrymu, hyd yn oed ar yr amcangyfrif blynyddol isaf o'r canran a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd, y gallai fod yn bosibl sicrhau bod 70% ohonynt yn cael eu brechu yn ystod rhaglen frechu pedair blynedd.

2. Cyflwyniad

Mae'r Ardal Triniaeth Ddwys (IAA) ar gyfer TB buchol yn ardal 288 cilomedr sgwâr a leolir yn bennaf yng ngogledd Sir Benfro, Cymru (Ffigur 1). Mae gan yr IAA un o'r cyfraddau uchaf o TB buchol yng Nghymru. Ers 2010, mae'r IAA wedi bod yn destun mesurau rheoli clefyd sy'n ychwanegol at y rhai sydd ar waith yng ngweddill y wlad. Nod y mesurau ychwanegol hyn yw lleihau ac, yn y pen draw, waredu achosion o TB mewn gwartheg yn yr ardal. Mae'r mesurau ychwanegol yn cynnwys rheolaethau llymach ar wartheg, gwell bioddiogelwch a phroffion TB gorfodol ar gyfer geifr a chamelidau.

Ym mis Mawrth 2012, cyhoeddwyd y byddai Llywodraeth Cymru yn ymgymryd â phrosiect brechu moch daear hefyd yn yr IAA. Caiff y moch daear eu brechu drwy eu dal mewn maglau bocsys â rhwydwaith dur yng nghyffiniau eu brochfeydd a'u chwistrellu â Badger BCG[®] i mewn i'w cyhyrau cyn eu rhyddhau yn ôl i'r gwyllt. Yn ystod tair blynedd gyntaf y prosiect (2012-2014), defnyddiwyd dros 1300 o frechlynnau yn flynyddol (cyfanswm o fwy na 4000 o ddoesau o'r brechlyn).



Ffigur 1 Map o'r Ardal Triniaeth Ddwys

Ar lefel poblogaeth, mae llwyddiant unrhyw ymgyrch frechu yn dibynnu ar effeithiolrwydd y brechlyn a'r cwmpas a gyflawnwyd. Er bod rhywfaint o wybodaeth ar gael ynghylch effeithiolrwydd y brechlyn BCG ar gyfer moch daear (Lesellier *et al.* 2006, Lesellier *et al.* 2011, Carter *et al.* 2012), ni wyddys pa ganran o'r boblogaeth moch daear gwyllt a allai gael eu dal a'u brechu fel mater o drefn.

Mae astudiaethau blaenorol wedi dangos bod modd casglu digon o wybodaeth enetig o samplau o flew moch daear er mwyn nodi unigolion gwahanol (Frantz *et al.* 2004). Gellir casglu samplau o flew moch daear yn uniongyrchol o anifeiliaid a ddaliwyd mewn magl neu o bell drwy ddefnyddio dyfeisiau dal blew a ddefnyddir yn y manau hynny lle ceir brochfeydd moch daear. Mae'r blew a gasglwyd drwy'r dulliau hyn wedi'u genoteipio er mwyn amcangyfrif canran y moch daear a gafodd eu difa yn ystod y broses o ddifa moch daear a arweiniwyd gan y diwydiant yn Lloegr yn 2013 (AHVLA 2014). Rydym wedi defnyddio'r un dull o 'baru samplau o faglau' yn yr astudiaeth bresennol er mwyn amcangyfrif cyfanswm maint y boblogaeth moch daear yn yr IAA a chanran y moch daear a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd yn ystod 2015.

3. Dulliau

3.1. Dull cyffredinol

Mae paru samplau o faglau yn cynnwys paru unigolion a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd â sampl gynrychioliadol o'r boblogaeth gefndir ar sail eu nodweddion genetig. Caiff y sampl gefndir ei phennu drwy genoteipio blew a gasglwyd drwy ddefnyddio maglau dal blew weiren bigog mewn sampl ar hap o brif frochfeydd (gweler adran 3.2). Caiff y boblogaeth a frechwyd ei chadarnhau drwy genoteipio blew a dynnwyd o bob mochyn daear a frechwyd (gweler adran 3.4). Mae canran yr unigolion yn y sampl gefndir a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd hefyd yn amcangyfrif o ganran cyfanswm y boblogaeth moch daear a frechwyd.

3.2. Dal blew mewn magl

Yn yr un modd ag astudiaethau blaenorol (e.e. Wilson *et al.* 1997, Judge *et al.* 2014), defnyddiwyd y brif frochfa fel procsi ar gyfer grŵp cymdeithasol moch daear. Fel arfer, dim ond un brif frochfa a geir ym mhob tiriogaeth ac mae'r frochfa honno'n ganolbwynt i weithgarwch bridio a gweithgarwch cymdeithasol i'r mwyafrif o unigolion yn y grŵp (Roper 2010).

Gosodwyd maglau dal blew ar 72 o brif frochfeydd gweithredol a ddewiswyd ar hap o'r 260 a nodwyd yn ystod arolygon o frochfeydd a gynhaliwyd gan gyflogeion Llywodraeth Cymru yn 2013. Mae'r sampl o 72 o frochfeydd yn cynrychioli tua 28% o gyfanswm nifer y brochfeydd. Nid oedd modd defnyddio data'n ymwneud â brochfeydd o 2014 oherwydd bod y ffordd o ddsbarthu prif frochfeydd wedi newid yn ystod y flwyddyn honno.

Dilyswyd statws pob prif frochfa gan weithwyr maes APHA profiadol o'r Ganolfan Rheoli Bywyd Gwyllt Genedlaethol cyn i unrhyw faglau dal blew gael eu defnyddio. Gwerthuswyd y broses o ddsbarthu brochfeydd ar sail maint (nifer y tyllau mynediad) ac arwyddion newydd o bresenoldeb moch daear. Cafodd unrhyw frochfa nad oedd yn gymwys fel prif set, neu lle gwrthodwyd mynediad, ei disodli gan frochfa arall a ddewiswyd ar hap.

Roedd y maglau dal blew yn cynnwys weiren bigog a osodwyd ar draws y fynedfa i'r frochfa a/neu ardaloedd cyfagos a ddefnyddiwyd gan foch daear. Defnyddiwyd nodweddion naturiol lle y bo'n bosibl neu bolion pren os oedd angen. Labelwyd pob magl â nod adnabod unigryw. Gadawyd y maglau dal blew am o leiaf bedair wythnos ac

ymwelwyd â nhw bob yn ail ddiwrnod yn ystod cyfnod samplu o 28 diwrnod, yn unol â dulliau Frantz *et al.* (2004) a Scheppers *et al.* (2007). Ar bob ymweliad, cafodd y blew ar fagl dal blew benodol eu casglu a'u rhoi mewn bag â chod bar arno ynghyd â chwdyn o sylwedd i'w cadw'n sych. Os oedd y blew wedi'u dal ar sawl weiren bigog, defnyddiwyd bagiau bach ar wahân ar gyfer pob weiren. Yna, rhoddwyd pob un o'r bagiau bach mewn un bag â chod bar arno. Felly, roedd y sampl o flew ym mhob bag â chod bar arno yn cynrychioli cyfuniad penodol o ddiwrnodau dal blew. Unwaith y cafodd y samplau eu casglu, cafodd y maglau dal blew eu dadlygru drwy eu hamlygu'n gyflym i fflam noeth.

3.3. Brechu

Cynhaliwyd y broses o frechu moch daear yn yr IAA gan staff maes Llywodraeth Cymru yn unol â Deddf Diogelu Moch Daear 1992 a Deddf Bywyd Gwylt a Chefn Gwlad 1981 ac o dan gyfarwyddyd milfeddygon Llywodraeth Cymru. Roedd pob gweithiwr maes a frechodd foch daear wedi cwblhau Cwrs APHA, Dal Moch Daear mewn Cewyll a'u Brechu, yn llwyddiannus.

Cynhaliwyd y broses frechu mewn cylchoedd gwaith o rhwng tair a phedair wythnos. Roedd cylch gwaith yn dechrau gydag ymweliad â'r tîrfeddiannwr i ofyn am ganiatâd i archwilio'r tir. Roedd y cam nesaf yn cynnwys chwilio am weithgarwch moch daear a gosod y cewyll. Yna, câi'r maglau eu clymu ar agor a châi cnau daear eu defnyddio fel abwyd am gyfnod er mwyn i'r moch daear ddod yn gyfarwydd â nhw. Yn olaf, yn ystod wythnos olaf y cylch, gosodwyd y maglau er mwyn dal y moch daear a châi unrhyw foch daear a ddaliwyd yn y maglau eu brechu. Cafodd moch daear a ddaliwyd mewn magl eu brechu drwy eu chwistrellu â BCG i mewn i'w cyhyrau a'u nodi dros dro drwy glipio eu blew a defnyddio marciwr stoc lliw. Cofnodwyd unrhyw anifeiliaid a ddaliwyd mewn magl ac a farciwyd yn flaenorol fel anifeiliaid a ailddaliwyd a'u rhyddhau heb iddynt gael eu brechu.

3.4. Samplu blew moch daear a frechwyd

Cymerwyd rhwng 5-10 o flew tew o ffolen pob moch daear a frechwyd. Cafodd y blew eu tynnu yn syth ar ôl iddynt gael eu brechu, a dim ond brechwyr hyfforddedig oedd yn gwneud hynny. Defnyddiwyd pâr o efeiliau rhydweli i ddal y blew a ddewiswyd yn eu lle cyn iddynt gael eu tynnu drwy dynnu i ffwrdd oddi wrth yr anifail yn gyflym. Lle'r oedd angen, defnyddiwyd wicedi i ffrwyno'r mochyn daear am gyfnod byr. Yna, rhoddwyd pob plwc mewn bar â chod bar arno, ynghyd â chwdyn o sylwedd i'w sychu.

3.5. Genoteipio

Defnyddiwyd Pecyn Gwaed a Meinwe Qiagen DNeasy® i dynnu'r DNA o flew gan ddefnyddio daliant o resin chelex (Frantz *et al.* 2004). Lle y bo'n bosibl, dewiswyd deg blewyn o bob bag sampl â chod bar arno (h.y. un cyfuniad dyddiad magl ar gyfer samplau o faglau dal blew neu blwc o fochyn daear unigol a frechwyd). Ar gyfer samplau o faglau dal blew, rhoddwyd blew o wahanol weiers pigog o'r un fagl mewn bagiau sampl bach unigol a rhoddwyd wedyn mewn un bag â chod bar arno. Yn yr achos hwn, cafodd yr holl flew a ddewiswyd i'w dadansoddi eu cymryd o'r un bag bach a dynnwyd o un weiren bigog. Roedd y broses o ddewis blew yn seiliedig ar faint y ffoligl, sef ffynhonnell y DNA. Lle'r oedd llai na deg blewyn ar gael, dewiswyd pob un o'r blew mewn bag.

Darganfuwyd proffiliau genetig drwy chwyddo deg micro-lloeren (*Mel-103*, *Mel-104*, *Mel-105*, *Mel-107*, *Mel-110*, *Mel-113*, *Mel-114*, *Mel-115*, *Mel-116* a *Mel-117*; (Carpenter *et al.* 2003)). Defnyddiwyd Dadansoddwr Genetig Biosystemau Cymhwysol 3730xl i ddarganfod darnau o ficro-lloerenni a meddalwedd GeneMapper® (fersiwn 5) i'w dadansoddi a'u mesur. Ni chafodd proffiliau anghyflawn (lle'r oedd y broses chwyddo wedi methu mewn un locws neu fwy) eu cynnwys yn y dadansoddiadau.

3.6. Rheoli ansawdd data

Gwiriwyd alelau wedi'u hawtomeiddio a berfformiwyd yn GeneMapper® gan ddau weithredwr. Roedd hyn yn cynnwys archwilio electrofferogramau sampl (cynrychioliad graffigol DNA wedi'u mwylhau a ddefnyddir i bennu genoteip, EPG) yn weledol. Y gweithredwyr oedd yn penderfynu ar y dynodiad alelau terfynol.

Tybiwyd bod pob proffil a ddeilliodd o foch daear a frechwyd yn cynrychioli anifeiliaid unigol oherwydd tybiwyd bod y risg y byddai halogi yn digwydd rhwng blew a dynnwyd yn uniongyrchol o foch daear a frechwyd yn isel iawn. Ar y llaw arall, ystyriwyd ei bod yn debygol y byddai cyfran o'r samplau o faglau dal blew yn cynnwys cyfraniadau gan fwy nag un anifail a, phe bai'r unigolion hyn yn cael eu cynrychioli yn y blew a ddewiswyd i'w dadansoddi, y gallai hynny arwain at broffil genetig cymysg. Roedd hi'n bwysig nodi a dileu'r proffiliau cymysg hyn cyn ymgymryd â'r gwaith dadansoddi oherwydd gallai methiant i wneud hynny chwyddo maint amcangyfrifedig y boblogaeth yn artiffisial, gan arwain at danamcangyfrif o ganran yr anifeiliaid a frechwyd. Roedd angen archwiliad gweledol pellach o EPGau maglau dal blew er mwyn nodi proffiliau cymysg ac achosion lle'r oedd (1) tri alel neu fwy yn bresennol mewn un locws neu fwy a/neu (2) y gwahaniaeth yn uchder alelau mewn loci heterosygaid yn fwy na'r trothwy rhagosodedig. Ceir manylion y dulliau a ddefnyddiwyd i nodi proffiliau cymysg yn Atodiad A. Mewn achosion lle nodwyd proffil cymysg, aethom ati'n gyntaf i weld a oedd unrhyw flew heb eu prosesu ar gyfer y cyfuniad dyddiad magl penodol. Os oedd unrhyw flew yn weddill, yn cynnwys blew a gasglwyd o weiren bigog wahanol, dewiswyd un blew yn i'w ddadansoddi yn unol â'r dulliau a ddisgrifir uchod.

3.7. Nodi alelau nwl

Defnyddiwyd rhaglen CERVUS (Marshall *et al.* 1998) i wirio data genoteip i weld a oedd unrhyw alelau nwl yn bresennol (alelau na wnaethant chwyddo mewn ffordd ddibynadwy ar gyfer micro-lloeren penodol). Nododd yr allbwn fod alelau nwl yn bresennol ym micro-lloeren *Mel116* (+0.2703), ac felly cafodd ei hepgor o'r dadansoddiad terfynol.

3.8. Paru samplau o faglau

Cafodd proffiliau genetig moch daear a frechwyd eu paru â'r boblogaeth moch daear y daliwyd eu blew mewn magl er mwyn amcangyfrif canran y boblogaeth a frechwyd. Defnyddiwyd pecyn ystadegol ALLELEMATCH (Galpern *et al.* 2012), a weithredwyd yn R 3.0.2 (R Development Core Team 2016), i ymgymryd â'r gwaith paru. Cafodd samplau eu paru ym mhob un o'r naw locws oedd yn weddill (ar ôl i *Mel116* gael ei hepgor o'r dadansoddiad; gweler adran 3.7). Cafodd proffiliau a oedd yn wahanol i'w gilydd oherwydd un mwtadiad (h.y. parwyd 17 o'r 18 alel posibl) eu pennu i'r un unigolyn. Cyfrifwyd

cyfraddau gwallau o'r data er mwyn cyfrif am ganlyniadau positif ffug (paru samplau o wahanol anifeiliaid) a chanlyniadau negatif ffug (methiant i baru samplau o'r un anifail). Hefyd, er mwyn cyfrif am y ffaith y gallai symudiadau naturiol moch daear fod wedi arwain at sefyllfa lle nad oedd unigolion y daliwyd eu blew mewn magl ar gael ar gyfer eu dal mewn cawell a'u brechu, amcangyfrifwyd cyfradd symud ar gyfer pob brochfa o fewn pellter gwasgaru o ffin yr IAA. Defnyddiwyd amcangyfrifon o'r gyfradd positif ffug, y gyfradd negatif ffug a'r gyfradd symud i addasu nifer y parau crai er mwyn llunio amcangyfrifon terfynol o ganran y moch daear a frechwyd. Ceir rhagor o fanylion am y fethodoleg (y cyfraddau gwallau, y gyfradd symud a'r broses baru) yn Atodiad B. Cyfrifwyd maint y boblogaeth drwy rannu nifer yr unigolion a frechwyd â'r amcangyfrif terfynol o ganran y boblogaeth a frechwyd.

3.9. Model poblogaeth

Defnyddiwyd model poblogaeth i amcangyfrif canran gronnol y moch daear a frechwyd yn yr IAA ar ddiwedd pedair blynedd o frechiadau. Roedd y model yn rhagdybio cyfradd frechu sefydlog (ein hamcangyfrif o ganran y moch daear a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd yn 2015), a chyfradd goroesi sefydlog (yn seiliedig ar amcangyfrifon goroesi cyhoeddadedig). Mae'r canlyniad yn cynrychioli canran amcangyfrifedig y moch daear yn y boblogaeth y disgwylir eu bod wedi cael o leiaf un dos o'r brechlyn erbyn diwedd yr amserlen frechu yn 2015. Ceir manylion am y model poblogaeth yn Atodiad C.

4. Canlyniadau

4.1. Crynodeb o'r samplau a gasglwyd ac a enoteipiwyd

Gosodwyd cyfanswm o 560 o faglau dal blew ar 72 o brif frochfeydd. Nifer ganolrifol y maglau fesul brochfa oedd 8 (roeddent yn amrywio o 2 i 18). Ni chasglwyd unrhyw samplau o flew o chwe set. O'r 66 brochfa oedd yn weddill, roedd nifer y samplau a gasglwyd yn amrywio o un i 40. Casglwyd 682 o samplau o flew diwrnodau magl a'u cyflwyno i'w dadansoddi (cyflwynwyd 18 o fagiâu sampl diwrnodau magl ychwanegol ond nid oeddent yn cynnwys unrhyw samplau o flew). Dychwelwyd genoteipiau cyflawn ar gyfer 384 o samplau. Nodwyd bod 116 o'r genoteipiau hyn yn rhai 'cymysg' ac ni chawsant eu cynnwys mewn unrhyw ddadansoddiadau pellach. Roedd hyn yn golygu bod cyfanswm o 268 o broffiliau maglau dal blew y gellid eu defnyddio (39% o'r holl samplau a gasglwyd o faglau dal blew).

Cafwyd samplau blew a blyciwyd o 1118 o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd a chafodd 1065 ohonynt eu genoteipio'n llwyddiannus (95% o'r holl samplau moch daear a frechwyd). Nododd dadansoddiadau archwiliadol cychwynnol fod 40 o barau o enoteipiau moch daear a ddaliwyd mewn cawell a oedd yn cyfateb ym mhob un o'r 10 locws. Yn seiliedig ar yr amllderau a arsylwyd o ran alelau, y tebygolrwydd y bydd unrhyw ddau fochyn daear yn union debyg ym mhob un o'r 10 locws (P_{ident}) yw $7.33 e^{-8}$ neu ar gyfer brodyr/chwiorydd (P_{sib}), $7.7e^{-4}$. Dangosodd data maes fod y samplau hyn a barwyd wedi'u casglu yn gymharol agos i'w gilydd (pellter cymedrig o 397m, amrediad o rhwng 0 a 950m) ac ar ddyddiadau gwahanol, sy'n gyson ag ail-ddal unigolion. Yn seiliedig ar y dystiolaeth hon, tybiwyd bod y moch daear a oedd yn cyfateb mewn 10 locws yn rhai a

ailldaliwyd. Felly, cafodd genoteipiau dyblyg eu hepgor o unrhyw ddadansoddiadau pellach, gan roi set ddata derfynol o 1025 o broffiliau moch daear a frechwyd yr oedd modd eu defnyddio.

Er mwyn cyfrif am bresenoldeb moch daear a ailldaliwyd yn ein data, cymhwyswyd tebygolrwydd o ail-ddal 40/1065 (3.8%) at gyfanswm nifer y dosau o'r brechlyn a roddwyd (1118) gan arwain at amcangyfrif terfynol o 1076 o foch daear a frechwyd. Mae'r ffigur hwn yn cynnwys moch daear a frechwyd lle nad oedd y genoteipio yn llwyddiannus.

Tabl 1 Crynodeb o samplau a gasglwyd o faglau dal blew ac o foch daear a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd. Mae nifer y samplau sydd wedi'u genoteipio yn cyfeirio at samplau â phroffiliau cyflawn yn unig.

Nifer y brochfeydd lle y gosodwyd maglau	72
Nifer y maglau dal blew ar frochfeydd	560
Cyfanswm nifer y samplau o faglau dal blew	682
Nifer y samplau o faglau dal blew a gafodd eu genoteipio'n llwyddiannus	384
Nifer y genoteipiau o faglau dal blew a nodwyd fel rhai cymysg	116
Nifer y genoteipiau o faglau dal blew a nodwyd fel anifeiliaid unigol	268
Nifer y dosau o frechlyn a roddwyd	1118
Nifer y samplau o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd a gafodd eu genoteipio'n llwyddiannus	1065
Nifer y genoteipiau paredig o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd sy'n cyfateb mewn 10 locws	40
Nifer y genoteipiau unigryw o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd	1025
Nifer addasedig y moch daear unigol a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd	1076

4.2. Paru samplau o faglau

Cynhaliwyd y broses o baru samplau o faglau mewn naw locws (nodwyd bod *Me1 116* yn alel nwl a chafodd ei hepgor o'r dadansoddiad; gweler adran 3.7) yn seiliedig ar union bariad ar gyfer o leiaf 17 o 18 alel posibl.

O fewn y gronfa ddata o genoteipiau maglau dal blew, nodwyd 141 o unigolion unigryw a chanfuwyd bod genoteipiau 68 ohonynt (48%) yn cyfateb i enoteipiau anifeiliaid a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd. Mae'r canlyniad hwn yn cynrychioli ein hamcangyfrif nas cywirwyd o ganran y moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd yn y boblogaeth.

Amcangyfrifwyd y gyfradd positif ffug drwy archwilio canran y genoteipiau moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd (ac eithrio'r rhai a oedd yn cyfateb ym mhob un o'r 10 locws; gweler adran 4.1) a oedd yn cyfateb i enoteip mochyn daear arall a frechwyd. Canfuwyd bod 47 o 1025 o enoteipiau moch daear a ddaliwyd mewn cawell yn cyfateb mewn naw locws. Felly, y gyfradd positif ffug oedd 4.6%. O'r 47 o enoteipiau oedd yn cyfateb, roedd a wnelo 13 ohonynt ag anifeiliaid a ddaliwyd mewn magl ar yr un bore, gan gadarnhau bod achosion o baru wedi digwydd rhwng unigolion gwahanol.

Nid oedd unrhyw achosion lle'r oedd amryw o enoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl yn cyfateb i'r un genoteip moch daear a ddaliwyd mewn cawell (byddai parau lluosog yn awgrymu bod genoteipiau unigryw moch daear y daliwyd eu blew mewn magl wedi methu â chyfateb i'w gilydd), gan awgrymu y gallai'r gyfradd negatif ffug fod yn isel. Fodd bynnag, o'r 1118 o samplau gwreiddiol a gasglwyd o flew moch daear a ddaliwyd

mewn cawell ac a frechwyd, roedd y broses genoteipio yn aflwyddiannus ar gyfer 51. Felly, nid oedd modd paru'r unigolion hyn ag unigolyn y cafodd ei flew eu dal mewn magl, gan arwain at gyfradd negatiffug effeithiol o 51/1118 (4.6%).

O'r 141 o enoteipiau maglau dal blew, roedd a wnelo 86 ohonynt (60%) â samplau o frochfeydd o fewn dau gilomedr i ffin yr IAA lle'r oedd symudiad anifeiliaid i mewn i'r boblogaeth ac allan ohoni yn ystyriaeth. Ar gyfer y brochfeydd hyn, amcangyfrifwyd bod cyfradd symud o rhwng 0% a 10%, sy'n hafal i rhwng 0% a 6% o'r boblogaeth.

Gan ystyried y gyfradd gwallau positif ffug, y gyfradd gwallau negatiffug a'r gyfradd symud, yr amcangyfrif cywiredig o ganran y moch daear a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd yn yr IAA yn 2015 oedd 44-65% (cyfwng hyder o 95%, cymedr o 55%). Cyfrifwyd hefyd ganran y moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd ar gyfer pob brochfa (Atodiad D).

Maint amcangyfrifedig y boblogaeth moch daear yn yr IAA yn 2015 (wedi'i gyfrifo fel nifer yr unigolion a frechwyd wedi'i rannu â chanran y boblogaeth a frechwyd) oedd rhwng 1645 a 2457 o foch daear (cyfwng hyder o 95%). Mae hyn yn hafal i ddwysedd o rhwng 5.7 ac 8.5 o foch daear fesul cilomedr sgwâr ar gyfer ardal yr un maint â'r IAA (288 km²)

4.3. Model poblogaeth

Roedd y gwaith modelu poblogaeth yn amcangyfrif, erbyn diwedd rhaglen frechu pedair blynedd, y byddai rhwng 70% ac 85% o gyfanswm y boblogaeth wedi cael o leiaf un dos o'r brechlyn, gan dybio bod rhwng 44% a 65% o foch daear yn cael eu brechu bob blwyddyn. Defnyddiwyd yr un model i amcangyfrif canran yr anifeiliaid ag imiwnedd amddiffynnol ar ôl pedair blynedd o frechiadau, yn dibynnu ar hyd yr imiwnedd a roddir gan y brechlyn a chan dybio bod pob brechlyn yn effeithiol (trafodir hyn yn adran 5). Dangosir y canlyniadau yn Nhabl 2.

Tabl 2 Allbwn o'r model poblogaeth sy'n dangos canran ddisgwyliedig y moch daear ag imiwnedd amddiffynnol ar ôl pedair blynedd o frechiadau, gan dybio bod cyfradd frechu sefydlog o rhwng 44% (amcangyfrif isaf) a 65% (amcangyfrif uchaf) y flwyddyn.

Hyd yr imiwnedd	% y boblogaeth ag imiwnedd amddiffynnol	
	Amcangyfrif isaf	Amcangyfrif uchaf
2 flynedd	60	81
3 blynedd	67	84
4 blynedd	70	85

5. Trafodaeth

Mae'r astudiaeth bresennol yn rhoi amcangyfrif cadarn o ganran y moch daear a frechwyd yn yr IAA yn seiliedig ar sampl fawr a chynrychioliadol o frochfeydd. Nid oes unrhyw astudiaethau blaenorol wedi amcangyfrif effeithlonrwydd y broses o ddal moch daear mewn maglau fel rhan o'r gwaith o roi brechlynnau, a phrin yw'r amcangyfrifon cyhoeddedig o effeithlonrwydd maglau yn ystod gweithrediadau rheoli (Smith a

Cheeseman 2007). Felly, bydd amcangyfrifon o ganran y moch daear a ddaliwyd mewn maglau ac a frechwyd yn yr IAA yn llywio gwerthusiad o strategaethau rheoli TB mewn moch daear yn yr IAA ac yn ehangach.

Mae'r broses o fonitro poblogaethau bywyd gwyllt a reolir yn hollbwysig er mwyn penderfynu a yw nodau ac amcanion ymyrraeth benodol wedi'u cyflawni. Nod yr astudiaeth bresennol oedd amcangyfrif maint y boblogaeth moch daear yn yr IAA ac, yn sgil hynny, canran y boblogaeth honno a frechwyd yn 2015. Gan fod y mochyn daear yn rhywogaeth nosol, duriol, gall fod yn anodd llunio amcangyfrifon cywir o faint y boblogaeth (Wilson *et al.* 2003). Fodd bynnag, yn ystod y blynyddoedd diwethaf, mae'r dulliau a ddatblygwyd i gasglu blew o bell a'u genoteipio wedi cynnig gwell cyfleoedd i amcangyfrif maint y boblogaeth (Frantz *et al.* 2004, Scheppers *et al.* 2007). Yn yr astudiaeth bresennol, defnyddiwyd dull genetig (paru samplau o faglau), a ddefnyddiwyd yn flaenorol i amcangyfrif effeithlonrwydd y broses ddifa, i amcangyfrif canran y moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd (AHVLA 2014).

Gan ddefnyddio canlyniadau'r astudiaeth bresennol, amcangyfrifir bod rhwng 44% a 65% (cyfwng hyder o 95%) o'r boblogaeth moch daear a oedd yn byw yn yr IAA wedi'u dal mewn magl a'u brechu yn 2015. Mae hyn yn cyfateb i boblogaeth o rhwng 1645 a 2457 o unigolion (cyfwng hyder o 95%) ac, ar gyfer ardal yr un maint â'r IAA, dwysedd poblogaeth o rhwng 5.7 ac 8.5 o foch daear fesul cilomedr sgwâr. Mae'r canlyniadau hyn yn gyson â gwaith Judge *et al.* (cyflwynwyd) a nododd mai'r dwysedd moch daear amcangyfrifedig ar gyfer dosbarth tir 4 oedd rhwng 4.6 a 7.4 o foch daear fesul cilomedr sgwâr (cyfwng hyder o 95%). Mae'r IAA yn cynnwys y categori cynefin eang 'dosbarth tir 4' (tir bugeiliol tonnog) yn bennaf, yn seiliedig ar y System Dosbarthu Tir a ddyfeisiwyd gan y Ganolfan Ecoleg a Hydroleg (Bunce *et al.* 1996).

Mae pob un o'r dulliau a ddefnyddir i amcangyfrif maint y boblogaeth yn dibynnu, i ryw raddau, ar dybiaethau. Rhaid deall y tybiaethau hyn yn iawn er mwyn dehongli'r canlyniadau yn gywir. Un dybiaeth allweddol yn yr astudiaeth bresennol oedd bod y moch daear hynny y daliwyd eu blew mewn magl yn gynrychioliadol o'r boblogaeth darged. Er mwyn bodloni'r dybiaeth hon, cafodd y brochfeydd a ddefnyddiwyd yn yr astudiaeth eu dewis ar hap, ac roedd maint y sampl yn uchel (tua 28% o'r prif frochfeydd a nodwyd yn yr IAA). At hynny, cafodd y samplau o flew eu casglu dros gyfnod o 28 diwrnod pan oedd yn debygol y byddai'r mwyafrif o'r unigolion, os nad pob un ohonynt, wedi bod yn bresennol yn y brif frochfa (Scheppers *et al.* 2007) ac felly ar gael i'w dal yn y fagl. Er hynny, bydd amrywiad o ran hyd a dwyster gweithgarwch yn y brif frochfa yn dylanwadu ar y tebygolrwydd y caiff blew anifail eu dal ac, o ganlyniad, gallai ein sampl o'r blew hynny ddangos gogwydd tuag at anifeiliaid a oedd, am ba reswm bynnag, yn fwy gweithgar yn y prif frochfeydd. Mae'n bosibl hefyd fod ein sampl yn dangos gogwydd tuag at foch daear llawndwf, gan y gallai cenau moch daear fod wedi pasio o dan y maglau dal blew heb ddod i gysylltiad â'r weiren bigog. Fodd bynnag, ni chafodd y gwaith samplu ei gynnal tan fis Mehefin ac felly byddai wedi osgoi'r prif gyfnod pan fyddai disgwyl i genau bach iawn sydd wedi ymddangos fod yn bresennol.

Ffynhonnell arall bosibl o wallau yn ein hastudiaeth yw gogwydd gweithredwyr a allai fod wedi'i gyflwyno pe bai mwy o ymdrech wedi'i gwneud i ddal moch daear mewn maglau yn y brochfeydd lle y defnyddiwyd maglau dal blew. Mae hyn yn anodd ei asesu ond pe bai ffenomen o'r fath wedi'i weld yn eang, yna gallai fod wedi arwain at oramcangyfrif y ganran gywir o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd.

Mae unrhyw astudiaeth sy'n cynnwys genoteipio yn agored i effeithiau diangen gwallau genoteipio (camdeipio genoteipiau oherwydd amhenodolrwydd profion, ansefydlogrwydd profion ar hap neu alwadau alelau amhriodol). Yng nghyd-destun yr astudiaeth bresennol, y math mwyaf tebygol o wall genoteipio yw cambaru samplau o'r un unigolyn. Aethom i'r afael â'r broblem hon drwy ganiatáu paru genoteipiau ag un alel gwahanol. Arweiniodd hyn at baru nifer o unigolion gwahanol a frechwyd, y tybiwyd eu bod yn bariadau ffug. Fodd bynnag, meintiolwyd y ffynhonnell wallau hon a'i chynnwys mewn amcangyfrifon ac felly ni ddylai fod wedi gogwyddo'r canlyniadau.

Gallai genoteipio DNA o samplau blew a gasglwyd ar y cyd fod wedi cyfrannu at wall genoteipio. Roedd y dull a ddefnyddiwyd i nodi proffiliau cymysg yn drwyadl. Bu dau weithredwr yn archwilio samplau o faglau dal blew a defnyddiwyd paramedrau sy'n benodol i'r boblogaeth moch daear yn yr IAA a'r micro-lloerenni a ddefnyddir ar gyfer genoteipio. Roedd y dull gweithredu hefyd yn geidwadol yn yr ystyr mai dim ond samplau y cytunwyd arnynt gan y ddau weithredwr a ddefnyddiwyd yn y dadansoddiad. Mae'n bosibl o hyd ein bod wedi methu â chanfod cymysgeddau rhwng dau anifail â chysylltiad agos iawn rhyngddynt (lle mae llai na dau alel ym mhob locwm), lle mae'r DNA a gyfrennir gan y ddau fwy neu lai'n gyfartal (fel bod brigau alelau yn gytbwys). Yn yr achos hwn, byddai canran y moch daear a frechwyd yn cael ei thanamcangyfrif.

Roedd yr amcangyfrif terfynol o ganran y moch daear a frechwyd yn cyfrif am symudiad posibl rhwng 0% a 10% o'r anifeiliaid ym mhob grŵp cymdeithasol o fewn dau gilomedr o ffin yr IAA. Roedd yr amcangyfrif hwn yn seiliedig ar gyfraddau cyhoeddedig ar gyfer symudiadau moch daear (Atodiad B). Mae cynnwys cyfradd symud yn ychwanegu ansicrwydd at yr amcangyfrif, yn enwedig gan i ni ddefnyddio amrediad yn hytrach nag amcangyfrif pwynt. Pe bai cyfraddau symud moch daear yn yr IAA (i mewn neu allan o'r ardal) yn sylweddol uwch na'r amrediad hwn, byddai hyn yn rhoi amcangyfrif is o ganran y moch daear a frechwyd. Fodd bynnag, ymddengys fod cyfraddau symud uwch yn annhebygol o ystyried dwysedd uchel ymddangosiadol y boblogaeth moch daear yn yr IAA, a'r duedd i hyn fod yn gysylltiedig â lefelau cymharol isel o symud (Rogers *et al.* 1998, Macdonald *et al.* 2008) .

Amcangyfrifodd ein model poblogaeth, erbyn diwedd rhaglen frechu pedair blynedd, gyda chyfradd brechu sefydlog, y byddai rhwng 70% ac 85% o gyfanswm y boblogaeth wedi cael o leiaf un dos o'r brechlyn. Un o'r paramedrau allweddol yn ein model oedd y gyfradd goroesi flynyddol ac, o ran y paramedr hwn, defnyddiwyd gwerthoedd cyhoeddedig o boblogaeth dwysedd uchel (Smith *et al.* 2001) . Pe bai cyfraddau goroesi yn yr IAA yn uwch, byddai hyn yn rhoi amcangyfrif uwch o nifer y moch daear a frechwyd erbyn blwyddyn pedwar, gan y byddai moch daear a frechwyd yn goroesi am gyfnod hwy. Ni roddodd y model ystyriaeth i anifeiliaid sy'n symud i mewn ac allan o'r boblogaeth, ond

byddai hynny, o bosibl, yn gwanedu'r boblogaeth a frechwyd. Felly, mae'n bosibl y gallai nifer y moch daear a gafodd un dos o'r brechlyn fod yn uwch (oherwydd goroesiad hwy) neu'n is (oherwydd lefelau symud) na'n hamcangyfrif o rhwng 70% ac 85%.

Er bod brechlyn BCG chwistrelladwy yn ddiogel ac yn effeithiol mewn moch daear (Lesellier *et al.* 2006, Lesellier *et al.* 2011, Carter *et al.* 2012), nid yw'n rhoi imiwnedd amddiffynnol llawn i bob unigolyn (Chambers *et al.* 2014). Mae hyn yn golygu efallai na fydd rhai moch daear a frechwyd wedi'u hamddiffyn o hyd. Ar y llaw arall, nododd Carter *et al.* (2012) fod y brechiad yn cael effaith fuddiol anuniongyrchol sylweddol drwy leihau nifer y cenau serobositif mewn grwpiau lle mae mwy na thraean o'r moch daear llawndwf wedi'u brechu. Ni chaiff yr effaith fuddiol hon ei hystyried yn ein hamcangyfrif ychwaith.

I gloi, mae epidemioleg gymhleth TB buchol yn golygu bod rheoli TB yn dasg heriol sy'n galw am ddull gweithredu amlhaenog. Mae rheoli'r haint mewn poblogaethau moch daear, a gysylltir amlaf â'r haint, yn debygol o gael ei ystyried o fewn y dirwedd rheoli TB ehangach hyd y gellir rhagweld. Mae gan y broses frechu y potensial i leihau achosion o TB mewn moch daear a gallai hyn gael effaith fuddiol ar nifer yr achosion o'r haint a welir mewn gwartheg. Fodd bynnag, un o'r prif benderfynyddion o ran llwyddiant unrhyw raglen brechu moch daear yw'r lefel a gyflawnir o ran cwmpas brechlynnau. Yr astudiaeth bresennol yw'r ymgais gyntaf i amcangyfrif cwmpas brechlynnau drwy ddal moch daear gwyllt mewn cewyll a'u brechu. Rydym wedi dangos, hyd yn oed o ystyried yr amcangyfrif isaf o ran cwmpas blynyddol, y gallai fod yn bosibl brechu mwy na 40% o'r boblogaeth moch daear, sy'n gyson â brechiadau a roddir yn flynyddol, a allai sicrhau y cwmpesir 70% o'r moch daear erbyn diwedd cyfnod o bedair blynedd.

Cyfeiriadau

AHVLA (2014). The efficacy of badger population reduction by controlled shooting and cage trapping, and the change in badger activity following culling from 27/08/2013 to 28/11/2013. Adroddiad i Defra.

Bunce, R. G. H., C. J. Barr, R. T. Clarke, D. C. Howard ac A. M. J. Lane (1996). "Special Paper: ITE Merlewood Land Classification of Great Britain." Journal of Biogeography **23**(5): 625-634.

Carpenter, P. J., D. A. Dawson, C. Greig, A. Parham, C. L. Cheeseman a T. Burke (2003). "Isolation of 39 polymorphic microsatellite loci and the development of a fluorescently labelled marker set for the Eurasia badger (*Meles meles*)." Molecular Ecology notes **3**: 610-615.

Carter, S. P., M. A. Chambers, S. P. Rushton, M. D. Shirley, P. Schuchert, S. Pietravalle, A. Murray, F. Rogers, G. Gettinby, G. C. Smith, R. J. Delahay, R. G. Hewinson a R. A. McDonald (2012). "BCG vaccination reduces risk of tuberculosis infection in vaccinated badgers and unvaccinated badger cubs." PLoS One **7**(12): e49833.

Chambers, M. A., S. P. Carter, G. J. Wilson, G. Jones, E. Brown, R. G. Hewinson a M. Vordermeier (2014). "Vaccination against tuberculosis in badgers and cattle: an overview of the challenges, developments and current research priorities in Great Britain." Veterinary Record **175**(4): 90-96.

Frantz, A. C., F. Fack, C. P. Muller a T. J. Roper (2006). "Faecal DNA typing as a tool for investigating territorial behaviour of badgers (*Meles meles*)." European Journal of Wildlife Research **52**: 138-141.

Frantz, A. C., M. Schaul, L. C. Pope, F. Fack, L. Schley, C. P. Muller a T. J. Roper (2004). "Estimating population size by genotyping remotely plucked hair: the Eurasian badger." Journal of Applied Ecology **41**: 985-995.

Galpern, P., M. Manseau, P. Hettinga, K. Smith a P. Wilson (2012). "Allelematch: an R package for identifying unique multilocus genotypes where genotyping error and missing data may be present." Molecular Ecology Resources **12**(4): 771-778.

Gill, P., B. Sparkes a J. S. Buckleton (1998). "Interpretation of simple mixtures of when artefacts such as stutters are present - with special reference to multiplex STRs used by the Forensic Science Service." Forensic Science International **95**(3): 213-224.

Hettinga, P. N., A. N. Arnason, M. Manseau, D. Cross, K. Whaley a P. J. Wilson (2012). "Estimating size and trend of the North Interlake woodland caribou population using fecal-DNA and capture-recapture models." The Journal of Wildlife Management **76**(6): 1153-1164.

Judge, J., G. J. Wilson, R. Macarthur a R. J. Delahay How many badgers are there in England and Wales? Estimating badger social group size and abundance from genotyping trapped hairs.

- Judge, J., G. J. Wilson, R. Macarthur, R. J. Delahay a R. A. McDonald (2014). "Density and abundance of badger social groups in England and Wales in 2011-2013." Sci Rep **4**: 3809.
- Lesellier, S., S. Palmer, D. J. Dalley, D. Davé, L. Johnson, R. G. Hewinson a M. A. Chambers (2006). "The safety and immunogenicity of Bacillus Calmette-Guérin (BCG) vaccine in European badgers (*Meles meles*)." Veterinary Immunology and Immunopathology **112**(1–2): 24-37.
- Lesellier, S., S. Palmer, S. Gowtage-Sequiera, R. Ashford, D. Dalley, D. Davé, U. Weyer, F. J. Salguero, A. Nunez, T. Crawshaw, L. A. L. Corner, R. G. Hewinson a M. A. Chambers (2011). "Protection of Eurasian badgers (*Meles meles*) from tuberculosis after intra-muscular vaccination with different doses of BCG." Vaccine **29**(21): 3782-3790.
- Macdonald, D. W., C. Newman, C. D. Buesching a P. J. Johnson (2008). "Male-biased movement in a high-density population of the Eurasian badger (*Meles meles*)." Journal of Mammalogy **89**: 1077-1086
- Marshall, T. C., J. Slate, L. E. B. Kruuk a J. M. Pemberton (1998). "Statistical confidence for likelihood-based paternity inference in natural populations." Molecular Ecology **7**(5): 639-655.
- R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing.
- Rogers, L. M., R. Delahay, C. L. Cheeseman, S. Langton, G. C. Smith a R. S. Clifton-Hadley (1998). "Movement of badgers (*Meles meles*) in a high-density population: individual, population and disease effects." Proc Biol Sci **265**(1403): 1269-1276.
- Roper, T. (2010). Badger, HarperCollins UK.
- Scheppers, T. L. J., A. C. Frantz, M. CSchaul, E. Engel, P. Breyne, L. Schley a T. J. Roper (2007). "Estimating social group size of Eurasian badgers *Meles meles* by genotyping remotely plucked single hairs." Wildlife Biology **13**(2).
- Smith, G. C. a C. L. Cheeseman (2007). "Efficacy of trapping during the initial proactive culls in the randomised badger culling trial." Veterinary Record **160**(21): 723-726.
- Smith, G. C., C. L. Cheeseman, R. S. Clifton-Hadley a D. Wilkinson (2001). "A model of bovine tuberculosis in the badger *Melesmeles*: an evaluation of control strategies." Journal of Applied Ecology **38**(3): 509-519.
- Wilson, G., S. Harris a G. McLaren (1997). Changes in the British badger population, 1988 to 1997
- Wilson, G. J., R. J. Delahay, A. N. S. de Leeuw, P. D. Spyvee a D. Handoll (2003). "Quantification of badger (*Meles meles*) sett activity as a method of predicting badger numbers." Journal of Zoology **259**(1): 49-56.

Atodiad A – Nodi proffiliau DNA cymysg

1. Trosolwg

Nodwyd genoteipiau cymysg o samplau o faglau dal blew drwy gynnal archwiliad gweledol o electrofferogram y samplau (cynrychioliad graffigol o DNA a fwyhawyd a ddefnyddiwyd i bennu genoteip, EPG). Dosbarthwyd y proffiliau yn broffiliau cymysg ar sail y canlynol:

(i) bod mwy na dau alel mewn un locwm neu fwy a/neu

ii) bod gwahaniaeth o ran uchder brigau alelau heterosygaid, gan olygu yr aethpwyd y tu hwnt i isafswm trothwy cydbwysedd heterosygotau (Hb, gweler adran 3) mewn un locwm neu fwy.

Disgrifir y camau a gymerir i werthuso EPGau o faglau dal blew ar gyfer tystiolaeth o DNA o fwy nag un unigolyn yn adran 4. Disgrifir manylion cefndir y dulliau penodol sy'n sail i'n dull gweithredu ni (sy'n dilyn yn fras ddulliau (Gill *et al.* 1998) yn adrannau 2 a 3.

2. Ailadroddiadau

Mae'r term 'ailadroddiadau' yn cyfeirio at frigau nad ydynt yn rhai alelau a gynhyrchir pan fydd llinynnau yn llithro yn ystod y broses fwyhau. Gall brigau ailadroddiadau fod yn un hyd DNA a ailadroddir neu fwy sy'n hirach (blaen-ailadroddiad) neu'n fyrrach (ôl-ailadroddiad) na'r rhiant-alel cysylltiedig, ac ar alelau heterosygaid, gall ailadroddiadau o'r alel pwysau molecwlaid mwy o faint gyfrannu at uchder brig yr alel pwysau molecwlaid llai o faint (Ffigur 1). Mae pwysau molecwlaid yn cyfeirio at nifer y parau bas (bp).

Er mwyn cynnal gwerthusiad yn erbyn maen prawf (i) uchod, roedd angen nodweddu ailadroddiadau locws penodol a arsylwyd mewn proffiliau DNA moch daear o un ffynhonnell ymlaen llaw er mwyn gallu gwahaniaethu rhwng arteffactau ailadroddiadau yn yr EPGau o faglau dal blew â brigau alelau gwirioneddol.

Er mwyn nodi paramedrau cyfeirio addas, defnyddiwyd sampl ar hap o EPGau moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd er mwyn cyfrifo cymarebau ailadroddiadau locws penodol (a ddiffinnir fel uchder brig ailadroddiadau wedi'i rannu ag uchder brig alel) ar gyfer hyd at dri brig ôl-ailadroddiadau ac un brig blaen-ailadroddiadau (Tabl 1). Dim ond locysau homosygaid a ddefnyddiwyd yn y sampl er mwyn sicrhau bod modd priodoli brig pob ailadroddiad i un alel. Defnyddiwyd isafswm ac uchafswm cymarebau ailadroddiadau er mwyn gwahaniaethu rhwng brigau alelau gwirioneddol a brigau ailadrodd yn y gwerthusiad terfynol o EPGau o faglau dal blew (adran 4).

3. Cydbwysedd heterosygotau

Diffinnir cydbwysedd heterosygotau (Hb) fel yr alel lleiaf o ran uchder brig wedi'i rannu â'r alel mwyaf o ran uchder brig (ni waeth beth fo'i bwysau molecwlaid). Mewn theori, dylai'r ddau alel ar locws heterosygaid fwyhau'n gyson â'i gilydd a dylai'r Hb fod yn agos i 1. Mewn realiti, gall digwyddiadau stocastig arwain at anghydbwysedd alelig, yn enwedig

wrth ddadansoddi symiau bach o DNA neu DNA o ansawdd gwael. Felly, nid yw gwahaniaethau o ran uchder brigau alelau yn anarferol. Fodd bynnag, gall gwahaniaethau annodweddiadol o ran uchder brig nodi bod DNA o fwy nag un cyfrannwr yn bresennol. Ymhlith yr enghreifftiau o'r fath achosion mae (1) dau unigolyn homosygaidd yn cyfrannu swm gwahanol o DNA neu (2) cyfuniad o un unigolyn homosygaidd ac un unigolyn heterosygaidd sy'n rhannu un alel. Mewn sefyllfaoedd lle mae cysylltiad agos iawn rhwng y ddau gyfrannwr, sy'n golygu bod llai na thri alel yn bresennol ym mhob locwm, gall Hb gynnig ffordd arall o nodi proffiliau DNA cymysg.

Er mwyn nodi trothwy Hb priodol y dylid ystyried bod gan broffiliau sydd oddi tano darddiad cymysg, nodweddiwyd Hb locwm penodol o EPGau moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd. Dangosir y canlyniadau yn Nhabl 2. Mewn achosion lle'r oedd y gwahaniaeth mewn pwysau molecwlaidd rhwng yr alelau yn 8 pâr bas (bp) neu lai, addaswyd uchder brig yr alel â'r pwysau molecwlaidd lleiaf er mwyn ystyried yr ailadrodd o'r alel â'r pwysau molecwlaidd mwyaf gan ddefnyddio'r gwerth canolrif o'r data cyfeirio (Tabl 1). Yn y gwerthusiad terfynol o'r EPGau o faglau dal blew, dewiswyd gwerth canolrif locws penodol ± 3 gwyrriad safonol fel gwerth y trothwy ar gyfer Hb.

4. Protocol gwerthuso

Yn olaf, defnyddiwyd y camau canlynol i werthuso pob EPG o faglau dal blew:

- i. Ar sail locysau unigol, cadarnhau y gellir priodoli pob brig, ar wahân i'r rhai a nodwyd fel brigau alelau, yn rhesymol i ailadroddiad. Cafodd y broses werthuso ei llywio gan y paramedrau locws penodol a nodir yn Nhabl 1 a phroffil brigau a arsylwyd mewn perthynas ag ailadroddiad cyfagos. Er enghraifft, gallai uchder brig sy'n disgyn y tu allan i'r isafswm a'r uchafswm amrediad a nodwyd gael ei ddsbarthu o hyd fel ailadroddiad yn seiliedig ar ei uchder cymharol o fewn cyfres o frigau ailadroddiadau.
- ii. Ar sail locysau unigol, cadarnhau nad yw cydbwysedd uchderau brig (Hb) (lle y bo'n briodol) yn mynd y tu hwnt i werth trothwy penodol. Gwerth y trothwy a nodwyd yn yr astudiaeth hon oedd y gwerth canolrif locws penodol ar gyfer Hb ± 3 gwyrriad safonol (Tabl 2).
- iii. Llunio asesiad terfynol, yn seiliedig ar wybodaeth o'r holl locysau er mwyn pennu a yw'r EPG hwn yn dangos bod DNA o fwy nag un unigolyn. Roedd y broses ddsbarthu yn un geidwadol yn yr ystyr y tybiwyd bod unrhyw broffil nad oedd modd ei briodoli'n hyderus i un unigolyn ym mhob un o'r deg locwm yn gymysg ac, o ganlyniad, nas cynhwyswyd mewn unrhyw ddadansoddiadau pellach.

Cynhaliwyd y broses hon gan ddau weithredwr annibynnol. Dim ond proffiliau a aseswyd gan y ddau weithredwr fel rhai â DNA o un ffynhonnell a gafodd eu cynnwys yn y gwaith o ddadansoddi a pharu samplau o faglau.

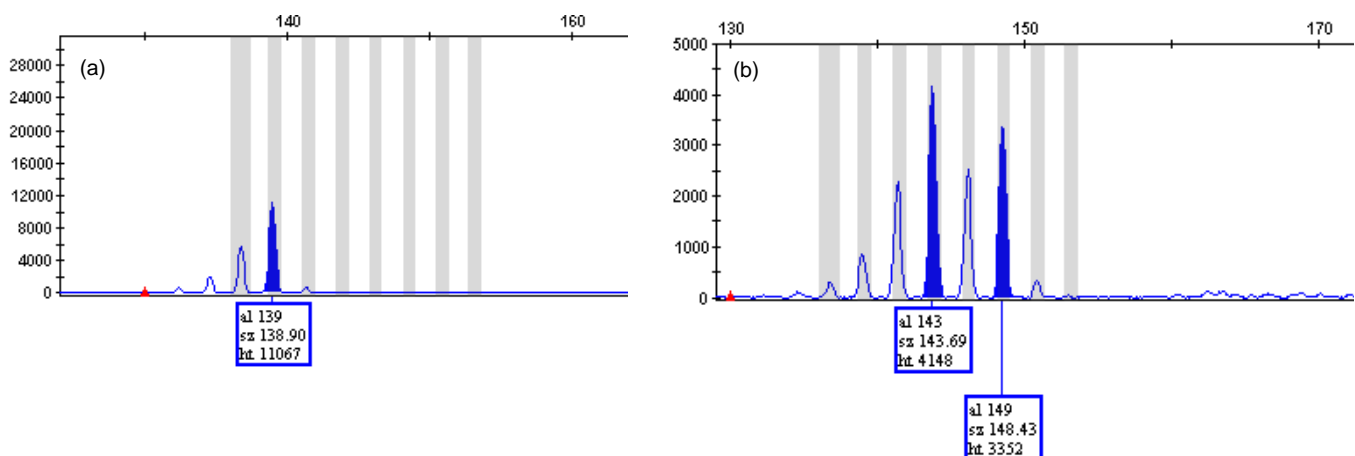
Tabl 1 Cymarebau ailadroddiadau (uchder brigau ailadroddiadau wedi'i rannu ag uchder brigau rhiant-alelau) ar gyfer ôl-ailadroddiadau (hyd at dri brig o uchder gostyngol a nifer ostyngol o barau bas) a blaen-ailadroddiadau (un brig yn unig) sy'n gysylltiedig ag alelau ar bob un o'r 10 marciwr micro-lloerenni. Mae'r data'n deillio o locysau homosygaid a ddewiswyd ar hap (n=20) o'r gronfa ddata o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd.

locws	ôl-ailadroddiad cyntaf (%)				ail ôl-ailadroddiad (%)				trydydd ôl-ailadroddiad (%)				blaen-ailadroddiad			
	amrediad	cymedr	canolrif	safonol	amrediad	cymedr	canolrif	safonol	amrediad	cymedr	canolrif	safonol	amrediad	cymedr	canolrif	safonol
Mel103	45-80	58	58	7	11-27	20	20	3	3-8	6	6	1	4-7	5	5	1
Mel104	50-73	63	65	6	13-37	23	23	6	5-15	9	9	3	3-15	6	5	3
Mel105	25-75	57	58	10	10-37	22	21	6	1-15	8	8	3	5-12	8	8	2
Mel107	45-69	54	54	6	16-30	21	20	4	7-12	8	8	2	2-18	8	8	3
Mel110	73-98	82	82	8	30-55	39	37	8	10-26	16	15	4	5-18	8	8	3
Mel113	46-82	60	59	9	13-25	18	18	4	3-9	5	5	2	1-4	3	3	1
Mel114	39-63	50	48	6	11-21	15	15	2	3-6	4	4	1	3-5	4	4	1
Mel115	1-13	9	9	2	1-1	1	1	0	1-1	1	1	Dd/G	1-5	2	2	1
Mel116	30-65	41	40	9	6-25	11	11	5	1-9	3	3	2	2-23	9	9	6
Mel117*	8-38	19	14	11	1-33	6	1	10	2-6	4	4	3	1-4	2	1	1

* Dim ond 10 unigolyn homosygaid a gafwyd yn y locws hwn. Felly, maint y sampl ar gyfer y locws hwn oedd 10 ac nid 20 fel y naw locws arall.

Tabl 2 Cydbwysedd heterosygotau (yr alel lleiaf o ran uchder brig / yr alel mwyaf o ran uchder brig (ni waeth beth fo'i bwysau molecwlaid)) ym mhob locwm heterosygaid yn y gronfa ddata o foch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd.

locws	cydbwysedd heterosygotau (%)			
	amrediad	cymedr	canolrif	safonol
Mel103	16-100	83	84	11
Mel104	21-100	75	75	12
Mel105	27-100	85	86	10
Mel107	44-100	86	87	10
Mel110	15-100	76	78	17
Mel113	7-100	76	77	15
Mel114	30-100	87	90	11
Mel115	19-100	84	86	12
Mel116	7-100	59	57	22
Mel117	14-100	81	88	19



Ffigur 1 (a) Ciplun o EPG micro-llloeren deuniwcleotid ar gyfer unigolyn homosygaid lle mae brig gwirioneddol yr alel (ardal las) yn gysylltiedig â thri brig ôl-ailadroddiadau gweladwy (amlinelliad yn unig) a brig un blaen-ailadroddiad a (b) Ciplun o EPG micro-llloeren deuniwcleotid ar gyfer unigolyn heterosygaid lle mae gan bob un o frigau gwirioneddol yr alelau (ardaloedd glas) frigau ailadroddiadau cysylltiedig a lle mae'r ailadroddiadau o'r alel mwy o faint (149 bp) wedi cyfrannu at uchder brig yr ail alel (143 bp).

Atodiad B – Manylion paru samplau o faglau

1. Egwyddorion y dull

Mae'r fethodoleg paru samplau o faglau a nodir yma yn debyg i'r fethodoleg 'paru samplau o anifeiliaid a gafodd eu difa' a ddefnyddiwyd i werthuso'r rhaglenni difa peilot yn Swydd Gaerloyw a Gwlad yr Haf (AHVLA 2014). Mae paru samplau o faglau yn cynnwys genoteipio blew a samplwyd o bell er mwyn creu poblogaeth darged o unigolion â geneteg unigryw sy'n bresennol yn y boblogaeth. Yna, caiff y boblogaeth darged hon ei chymharu â genoteipiau unigolion a frechwyd (ar ôl iddynt gael eu dal mewn cawell) er mwyn nodi parau sy'n dangos pa rai o'r moch daear yn y boblogaeth a gafodd eu dal mewn magl a'u brechu. Mae canran yr unigolion y daliwyd eu blew mewn magl sy'n cyfateb i'r unigolion hynny a ddaliwyd mewn cawell yn rhoi amcangyfrif o ganran y moch daear a frechwyd yn y boblogaeth.

2. Nodi unigolion unigryw a pharau genetig

Mae gan bob anifail unigol, ac eithrio gefeilliaid unfath, god genetig unigryw. Nod technegau proffilio genetig yw nodweddu digon o'r cod hwn er mwyn gallu adnabod anifeiliaid unigol yn gywir. Dilynianwyd samplau blew ar 10 marciwr genetig, gydag un ohonynt (Mel116) yn cael ei hepgor o'r dadansoddiadau oherwydd presenoldeb uchel alelau nwl (adran 3.7). Mae pob marciwr yn cynnwys dau alel (un o bob rhiant) sy'n golygu bod proffil genetig pob sampl yn cynnwys 18 o alelau (9 marciwr x 2). Dim ond samplau blew â phroffiliau genetig cyflawn (lle mwyhawyd DNA ym mhob un o'r naw marciwr) a gafodd eu cynnwys yn y dadansoddiadau.

Defnyddiwyd pecyn ystadegol *ALLELEMATCH* (Galpern et al. 2012) (gan ddefnyddio rhaglen R) i baru samplau blew yn enetig. Mae *ALLELEMATCH* yn dechrau drwy gymharu samplau er mwyn eu paru. Mae'n amcangyfrif sgôr tebygrwydd rhwng pob pâr o broffiliau, ac yna'n defnyddio dull clystyru i ganfod grwpiau o broffiliau tebyg sy'n debygol o berthyn i un unigolyn. Mae *ALLELEMATCH* yn addas iawn ar gyfer astudiaeth fel hon lle y ceir samplau genetig drwy ddulliau samplu o bell (e.e. maglau dal blew) sy'n arwain at ansawdd amrywiol o ran samplau a gwallau genoteipio posibl (Galpern et al. 2012). Gall gwallau genoteipio (ailadroddiadau neu alelau a gollir) olygu bod proffiliau genetig ychydig yn wahanol er eu bod yn perthyn i'r un unigolyn. Yn yr astudiaeth bresennol, nodwyd bod samplau yn perthyn i'r un unigolyn os oedd 18 alel (pob alel/locwm) neu 17 alel (h.y. roedd un alel yn wahanol) yn cyfateb. Penderfynwyd paru unigolion os oedd ≥ 17 alel yr un fath er mwyn lleihau'r tebygolrwydd y byddai gwallau genoteipio yn arwain at fethiannau i'w paru, neu'n creu genoteipiau ffug newydd. Mae dulliau o baru samplau sydd ag un neu nifer fach o alelau gwahanol yn gyffredin mewn astudiaethau tebyg sy'n mynd i'r afael â geneteg bywyd gwyllt (Hettinga et al. 2012). Mae *ALLELEMATCH* yn cyfrifo P_{sib} (y tebygolrwydd y bydd y paru a arsylwyd yn digwydd rhwng brodyr/chwiorydd yn seiliedig ar amllder alelau a arsylwyd) ar gyfer pob achos o baru genetig a genoteip unigryw. Gellir defnyddio gwerth trothwy P_{sib} hefyd i ddileu achosion o baru a all fod wedi digwydd drwy siawns (Galpern et al. 2012), gyda thorbywynt o < 0.05 yn cael ei ddefnyddio fel arfer (Hettinga et al. 2012).

Roedd gan bob achos o baru a genoteipiau unigryw yn yr astudiaeth bresennol werthoedd $P_{\text{sib}} < 0.05$ (cymedrig=0.0017, isafswm=0.0002, uchafswm=0.006).

3. Canlyniadau negatif ffug (methiant i baru)

Gall canlyniad negatif ffug ddigwydd os na chaiff dwy sampl genetig eu paru er gwaethaf y ffaith eu bod yn dod o'r un unigolyn. Gallai methiant i baru ddigwydd oherwydd gwallau genoteipio mewn perthynas â mwy nag un alel. Ni wnaeth Frantz *et al.* (2006) nodi unrhyw wallau genoteipio amlwg mewn 749 o samplau o flew moch daear, felly tybiwyd y byddai cyfraddau negatif ffug yn isel. Yn yr astudiaeth bresennol, byddai canlyniadau negatif ffug yn arwain at gynnydd yn nifer y genoteipiau blew unigryw a gasglwyd ym mhob set, a allai arwain at danamcangyfrif canran y moch daear a frechwyd. Amcangyfrifodd gwaith blaenorol, a ddefnyddiodd samplau o flew i amcangyfrif effeithlonrwydd y broses o ddifa moch daear, gyfraddau negatif ffug drwy gymharu cyfradd y genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl yr oedd modd eu paru â'r un mochyn daear a gafodd ei ddifa (blaen y glust) ond nid ei gilydd (AHVLA 2014). Yn y fath achosion, tybiwyd bod y ddau genoteip blew yn dod o'r un unigolyn ond nad oedd modd eu paru. Amcangyfrifir effaith yr achosion hyn lle collwyd cyfle i baru ar ganran y moch daear a frechwyd gan ddefnyddio cyfran finomial y nifer o enoteipiau unigryw moch daear a frechwyd y gellir eu paru â genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl yn erbyn nifer y genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl y gellir eu paru â genoteipiau moch daear a frechwyd (AHVLA 2014). Er enghraifft, pe bai modd paru 10 o enoteipiau moch daear a frechwyd â 12 o enoteipiau blew unigryw, byddai hynny'n arwain at gyfradd positif ffug o 1- 10/12 (9%).

Un ffynhonell bosibl arall o ran canlyniadau negatif ffug yw'r ffaith nad oedd proffiliau genetig defnyddadwy llawn ar gael ar gyfer pob un o'r moch daear a frechwyd. Os na chaiff proffil genetig ei lunio ar gyfer pob mochyn daear a frechwyd, mae posibilrwydd y gall blew'r mochyn daear gael eu dal mewn magl ac y gall yr anifail ei hun gael ei ddal mewn cawell yn ddiweddarach heb fod sampl ar gael i'w pharu. Caiff y ffynhonnell wallau hon ei hamcangyfrif drwy rannu cyfran finomial y nifer o foch daear a ddaliwyd mewn cawell â phroffiliau genetig defnyddadwy â chyfanswm y moch daear a frechwyd yn y sampl.

4. Canlyniadau positif ffug (cambaru)

Gallai canlyniadau positif ffug, lle y caiff dwy sampl eu paru'n anghywir) ddigwydd oherwydd gwallau genoteipio sy'n arwain at baru gwallus, neu oherwydd bod gan unigolion â chysylltiad agos 17 alel neu fwy sy'n union debyg yn enetig. Gallai canlyniadau positif ffug arwain at oramcangyfrif canran y moch daear a frechwyd drwy chwyddo nifer y genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl a nifer y genoteipiau moch daear a frechwyd yn artiffisial. O ganlyniad, cafodd pob amcangyfrif o ganran y moch daear a frechwyd ei gywiro gan ystyried cyfradd gambaru amcangyfrifedig.

Amcangyfrifwyd nifer ddisgwyliedig yr achosion o gambaru rhwng moch daear a frechwyd a moch daear y daliwyd eu blew mewn magl gan ddefnyddio nifer yr achosion o baru

moch daear a frechwyd y tybir bod pob un ohonynt yn unigolion. Os gellir paru 10% o enoteipiau moch daear â genoteipiau moch daear eraill a frechwyd, yna mae 10% o siawns (\pm gwall) y caiff genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl eu paru'n anghywir â genoteipiau moch daear a frechwyd. Er enghraifft, os oedd modd paru 10/20 (50%) o enoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl â genoteipiau moch daear a frechwyd gyda chyfradd gambaru o 10%, byddai hyn yn arwain at gyfradd addasu o 9/20 (45%).

5. Amcangyfrif y gyfradd symud

Y dybiaeth sy'n sail i'r broses o baru samplau a gasglwyd o faglau yw bod unigolion y daliwyd eu blew mewn magl ar gael i gael eu dal mewn cawell. Fodd bynnag, ni chafodd y maglau dal blew a'r cewyll eu gosod ar bob brochfa ar yr un pryd. O ganlyniad, mae'n bosibl nad oedd unigolion y daliwyd eu blew mewn magl ar gael i'w dal, naill ai am eu bod wedi symud allan o'r ardal cyn iddynt allu cael eu brechu (os digwyddodd y brechu ar ôl gosod y maglau dal blew) neu am eu bod wedi symud i mewn i'r ardal ar ôl i'r broses frechu ddigwydd (os gosodwyd y maglau dal blew ar ôl y broses frechu). Nid yw'n bosibl pennu'r union gyfraddau symud ar bob brochfa moch daear yn ystod y prosiect hwn. Mae gwaith monitro hirdymor o boblogaethau moch daear yn awgrymu bod symudiadau yn digwydd rhwng grwpiau cymdeithasol o foch daear mewn ~10% o ddigwyddiadau dal (Rogers *et al.* 1998), gydag unigolion yn symud rhwng 0.4 a 1 cilomedr ar gyfartaledd. Mae'r rhan fwyaf o symudiadau yn llai na dau gilomedr. Yn yr astudiaeth bresennol, amcangyfrifwyd mai 0-10% oedd cyfradd symud grwpiau cymdeithasol o fewn dau gilomedr i ffin allanol yr IAA.

6. Amcangyfrif canran y moch daear a frechwyd

Amcangyfrifwyd canran y moch daear a frechwyd fel canran y genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl yr oedd modd eu paru â genoteipiau moch daear a frechwyd gyda chywiriad ar gyfer cyfradd paru positif ffug, cyfradd paru negatif ffug a chyfradd symud. Gwnaethpwyd hyn gan ddefnyddio amcangyfrif Monte Carlo trefn dau â'r camau canlynol:

1. Amcangyfrifwch ddsbarthiad ar gyfer y tebygolrwydd y ceir canlyniadau negatif ffug o achosion o baru a gollwyd ymhlith genoteipiau moch daear y daliwyd eu blew mewn magl (FN_1).
2. Amcangyfrifwch ddsbarthiad ar gyfer y tebygolrwydd y ceir canlyniadau negatif ffug yn sgil methiant i genoteipio moch daear a frechwyd (FN_2).
3. Amcangyfrifwch ddsbarthiad ar gyfer y gyfradd positif ffug o achosion o baru moch daear a frechwyd (FP).
4. Amcangyfrifwch ddsbarthiad ar gyfer y tebygolrwydd o symud (FE).
5. Dewiswch gwanteli annibynnol ar hap o bob un o'r dosbarthiadau.
6. Canran y moch daear a frechwyd yw nifer y moch daear a ddychwelodd (achosion o baru â genoteipiau moch daear a frechwyd, x) wedi'i rannu â nifer yr unigolion y daliwyd eu blew mewn magl n , wedi'i mynegi fel canran $\frac{x}{n} \times 100$.

7. Caiff nifer y moch daear a ddychwelodd, x , ei addasu tuag i lawr drwy'r gyfradd positif ffug effeithiol eFP (tynnu binomial ar hap gyda thebygolrwydd, FP gyda maint $.x$)
8. Caiff nifer yr unigolion y daliwyd eu blew mewn magl n ei addasu tuag i lawr drwy gyfraddau negatif ffug effeithiol eFN_1 (tynnu binomial ar hap gyda thebygolrwydd, FN_1 a maint= n), eFN_2 (tynnu binomial ar hap gyda thebygolrwydd, FN_2 a maint= n) a hefyd gan symudiad poblogaeth effeithiol eFE (tynnu binomial ar hap gyda thebygolrwydd = FE a maint= n).
9. Cyfrifir y ganran gywiredig a frechwyd fel a ganlyn: $(x - eFP) / (n - eFE - eFN_1 - eFN_2)$
10. Cynhelir y camau uchod ar gyfer pob brochfa unigol ac ar gyfer y boblogaeth gyfan 1000 o weithiau.
11. Yr amcangyfrif cymedrig ar gyfer pob brochfa yw cymedr pob 1000 o ailadroddiadau, a'r cyfyngau hyder o 95% yw 2.5^{fed} canradd a 97.5^{fed} canradd y dosbarthiad.
12. Ar bob un o'r 1000 o ailadroddiadau, mae'r amcangyfrif o lefel y boblogaeth yn chwarterel ar hap o'r gyfran binomial $(x - eFP) / (n - eFE - eFN_1 - eFN_2)$. Y cyfyngau hyder o 95% yw 2.5^{fed} canradd a 97.5^{fed} canradd y dosbarthiad hwn.

Atodiad C - Model poblogaeth

1. Fframwaith y model

Crëwyd model poblogaeth i amcangyfrif canran gronol y moch daear a gaiff eu brechu yn ystod rhaglen frechu pedair blynedd. Roedd y model yn cynnwys cyfres o hafaliadau a amlinellir isod.

Mae'r boblogaeth moch daear P yn cynnwys cyfanswm nifer y moch daear gwrywaidd llawndwf M , y moch daear benywaidd llawndwf F a'r cenau C .

$$P = M + F + C$$

Mewn blwyddyn benodol, t , cyfanswm nifer y moch daear a gaiff eu brechu yw V_t , sy'n cynnwys moch daear gwrywaidd llawndwf a frechwyd Vm_t , moch daear benywaidd llawndwf a frechwyd Vf_t a chenau a frechwyd Vc_t .

$$V_t = Vm_t + Vf_t + Vc_t$$

Lle mae Vm_t , Vf_t a Vc_t fel a ganlyn:

$$Vm_t = M \times R$$

$$Vf_t = F \times R$$

$$Vc_t = C \times R$$

Lle mae R yn werth cyson a bennir wrth amcangyfrif canran y moch daear a frechwyd (h.y. 44-65%).

Ar ddechrau blwyddyn gyntaf y rhaglen, ni fydd unrhyw foch daear a frechwyd yn flaenorol. Ar ddechrau blwyddyn dau, tri a phedwar, gall y moch daear gwrywaidd llawndwf a'r moch daear benywaidd llawndwf yn y boblogaeth gynnwys moch daear sydd wedi goroesi a frechwyd mewn blynyddoedd blaenorol.

$$M_t = Sm_t + Um_t$$

$$F_t = Sf_t + Uf_t$$

Lle mai M_t yw'r boblogaeth moch daear gwrywaidd llawndwf ac F_t yw'r boblogaeth moch daear benywaidd llawndwf. Paramedrau Um_t ac Uf_t yw nifer y moch daear gwrywaidd llawndwf a'r moch daear benywaidd llawndwf nas brechwyd, yn y drefn honno. Paramedrau Sm_t a Sf_t yw nifer y moch daear gwrywaidd a benywaidd a frechwyd sydd wedi goroesi o flynyddoedd blaenorol. Caiff Sm_t a Sf_t eu pennu gan gyfradd goroesi flynyddol moch daear llawndwf a chyfradd goroesi cenau moch daear sy'n cyrraedd eu llawndwf yn ystod y flwyddyn ganlynol. Felly, ym mlwyddyn dau, bydd nifer y moch daear

llawndwf a frechwyd sydd wedi goroesi yn dibynnu ar nifer y moch daear a'r cenau a frechwyd sydd wedi goroesi o'r flwyddyn gyntaf

$$Sm_2 = (Vm_1 \times Qm) + 0.5(Vc_1 \times Qc)$$

$$Sf_2 = (Vf_1 \times Qf) + 0.5(Vc_1 \times Qc)$$

Lle mai Qm , Qf , a Qc yw'r cyfraddau goroesi ar gyfer moch daear gwrywaidd llawndwf, moch daear benywaidd llawndwf a chenau moch daear, yn y drefn honno. Mae gan genau moch daear gymhareb ryw o tua 50:50 (Roper 2010) a dyna'r rheswm am yr 0.5 yn yr hafaliadau uchod.

Ym mlwyddyn tri, bydd nifer y moch daear llawndwf a frechwyd sydd wedi goroesi yn dibynnu ar nifer y moch daear llawndwf a'r cenau moch daear a frechwyd ym mlwyddyn dau sydd wedi goroesi (gan gynnwys rhai anifeiliaid a frechwyd ym mlwyddyn un a dau), ynghyd â moch daear llawndwf a frechwyd ym mlwyddyn un yn unig (sydd wedi goroesi am ddwy flynedd).

$$Sm_3 = (Vm_2 \times Qm) + 0.5(Vc_2 \times Qc) + (Sm_2 \times Qm \times 1 - R)$$

$$Sf_3 = (Vf_2 \times Qf) + 0.5(Vc_2 \times Qc) + (Sf_2 \times Qf \times 1 - R)$$

Ym mlwyddyn pedwar, bydd nifer y moch daear llawndwf a frechwyd sydd wedi goroesi yn dibynnu ar nifer y moch daear llawndwf a frechwyd o flwyddyn tri, blwyddyn dau a blwyddyn un.

$$Sm_4 = (Vm_3 \times Qm) + 0.5(Vc_3 \times Qc) + (Sm_3 \times Qm \times 1 - R)$$

$$Sf_4 = (Vf_3 \times Qf) + 0.5(Vc_3 \times Qc) + (Sf_3 \times Qf \times 1 - R)$$

Felly, ym mlwyddyn t , cyfanswm nifer y moch daear yn y boblogaeth sydd wedi cael o leiaf un dos o'r brechlyn yw nifer y moch daear a frechwyd yn y flwyddyn honno (bydd rhai ohonynt wedi'u brechu'n flaenorol) ynghyd ag unrhyw anifeiliaid sydd wedi goroesi a frechwyd mewn blynyddoedd blaenorol ond na chawsant eu brechu ym mlwyddyn t .

$$Vtotal_t = Vm_t + Vf_t + Vc_t + (Sm_t \times 1 - R) + (Sf_t \times 1 - R)$$

Aethpwyd ati i ddatrys yr hafaliadau gan ddefnyddio'r paramedrau yn Nhabl 1 (ar y dudalen nesaf).

Tabl 1 Paramedrau a ddefnyddiwyd ar gyfer y model poblogaeth. Addaswyd y paramedrau demograffig o Smith et al. (2001). Mae'r paramedr brechu yn deillio o ganlyniadau'r astudiaeth bresennol.

Paramedr	Disgrifiad	gwerth
V	% y moch daear a frechwyd	44-66%
Q_m	Y tebygolrwydd blynyddol y bydd moch daear gwrywaidd llawndwf yn goroesi	0.66
Q_f	Y tebygolrwydd blynyddol y bydd moch daear benywaidd llawndwf yn goroesi	0.75
Q_c	Y tebygolrwydd blynyddol y bydd cenau moch daear yn goroesi	0.6
M	Y boblogaeth moch daear gwrywaidd llawndwf	28.65
F	Y boblogaeth moch daear benywaidd llawndwf	38.90
C	Y boblogaeth cenau moch daear	32.45

Dangosir maint y boblogaeth moch daear gwrywaidd llawndwf M , y boblogaeth moch daear benywaidd llawndwf F a'r boblogaeth cenau moch daear C hefyd yn nhabl 1. Mae'r niferoedd hyn yn gwneud cyfanswm o 100 ac maent yn seiliedig ar ganran y boblogaeth moch daear sy'n cynnwys y tair elfen wahanol hyn. Er enghraifft, mae paramedr C , sef 32.45 neu 32%, yn nodi bod cenau moch daear yn cyfrif am tua 1/3 o'r boblogaeth moch daear. Mae'r gwerthoedd hyn yn sefydlog at ddibenion y model, sy'n golygu na fydd maint na demograffeg y boblogaeth yn newid dros amser. Nid yw'r model yn cynnwys paramedr penodol ar gyfer moch daear sy'n symud i mewn ac allan o'r boblogaeth. Bydd anifeiliaid a frechwyd sy'n symud allan o'r boblogaeth, neu anifeiliaid nas brechwyd sy'n symud i mewn i'r boblogaeth yn arwain at ostyngiad yng nghanran y boblogaeth a frechwyd. O ganlyniad, mae ein model, o bosibl, yn goramcangyfrif canran y boblogaeth a frechwyd. Fodd bynnag, mae paramedrau goroesi Q_m , Q_f , a Q_c yn seiliedig ar boblogaeth ddwys o foch daear. Os yw'r gyfradd goroesi yn yr IAA yn uwch na'r paramedrau a ddefnyddir yma, gallai canran wirioneddol y moch daear a frechwyd fod yn fwy na'r amcangyfrif a fodelwyd. Byddai cyfradd goroesi is yn golygu y byddai canran wirioneddol y moch daear a frechwyd yn is na'r amcangyfrif a fodelwyd.

2. Amrywio hyd imiwnedd

Defnyddiwyd ein model yn wreiddiol i amcangyfrif canran y moch daear a fyddai'n cael o leiaf un dos o'r brechlyn ar ôl rhaglen frechu pedair blynedd. Ni wyddys hyd yr imiwnedd mewn moch daear sy'n cael brechiad BCG. Os bydd yr imiwnedd yn para am bedair

blynedd, yna bydd pob mochyn daear sy'n cael o leiaf un brechlyn yn ystod rhaglen pedair blynedd yn cael ei amddiffyn rhag yr haint erbyn blwyddyn pedwar.

Er mwyn ystyried effaith hyd imiwnedd ar y boblogaeth gyffredinol a amddiffynnir, amrywiwyd y model er mwyn cyfrif am hyd imiwnedd posibl o ddwy flynedd a thair blynedd.

Mae amrywio hyd yr imiwnedd yn effeithio ar nifer y moch daear benywaidd a gwrywaidd a amddiffynnir sydd wedi goroesi mewn blwyddyn benodol t , a ddiffinnir gan bamedrau Sm_t a Sf_t . Os yw'r imiwnedd yn para blwyddyn, caiff nifer yr anifeiliaid a frechwyd ei bennu gan y paramedr R (canran y moch daear a frechwyd) ac mae paramedrau Sm_t a Sf_t (moch daear llawndwf sydd wedi goroesi a frechwyd mewn blynyddoedd blaenorol) yn gyfwerth â sero. Os yw'r imiwnedd yn para am ddwy flynedd, mae nifer y moch daear a amddiffynnir sydd wedi goroesi mewn blwyddyn benodol t yn cynnwys moch daear llawndwf a chenau moch daear a frechwyd yn ystod y flwyddyn flaenorol yn unig.

$$Sm_t = (Vm_{t-1} \times Qm) + 0.5(Vc_{t-1} \times Qc)$$

$$Sf_t = (Vf_{t-1} \times Qf) + 0.5(Vc_{t-1} \times Qc)$$

Os yw'r imiwnedd yn para am dair blynedd, mae nifer y moch daear a amddiffynnir sydd wedi goroesi ym mlwyddyn t yn cynnwys moch daear llawndwf a chenau moch daear a frechwyd sydd wedi goroesi o'r flwyddyn flaenorol $t-1$, ynghyd â moch daear llawndwf sydd wedi goroesi ym mlwyddyn $t-2$ yn unig.

$$Sm_t = (Vm_{t-1} \times Qm) + 0.5(Vc_{t-1} \times Qc) + (Vm_{t-2} \times Qm^2 \times 1 - R) + 0.5(Vc_{t-2} \times Qc \times Qm \times 1 - R)$$

$$Sf_t = (Vf_{t-1} \times Qf) + 0.5(Vc_{t-1} \times Qc) + (Vf_{t-2} \times Qf^2 \times 1 - R) + 0.5(Vc_{t-2} \times Qc \times Qf \times 1 - R)$$

Atodiad D - Amrywio ar lefel y frochfa

Cafodd ein prif amcangyfrif o ganran y moch daear a ddaliwyd mewn cawell ac a frechwyd (44-65%) ei gyfrifo ar lefel y boblogaeth (h.y. cyfanswm y moch daear a barwyd o bob brochfa/cyfanswm y boblogaeth moch daear y daliwyd eu blew mewn magl). Cyfrifwyd amcangyfrifon a gwerthoedd cymedr ar gyfer canran y moch daear a frechwyd ym mhob brochfa hefyd. Mae'r gwahaniaeth rhwng yr amcangyfrif o'r boblogaeth a'r amcangyfrif ar gyfer brochfeydd a'r gwahaniaeth o ran yr ansicrwydd sy'n gysylltiedig â phob amcangyfrif yn dangos sut y gallai amrywiadau rhwng brochfeydd fod wedi effeithio ar yr amcangyfrif o'r boblogaeth.

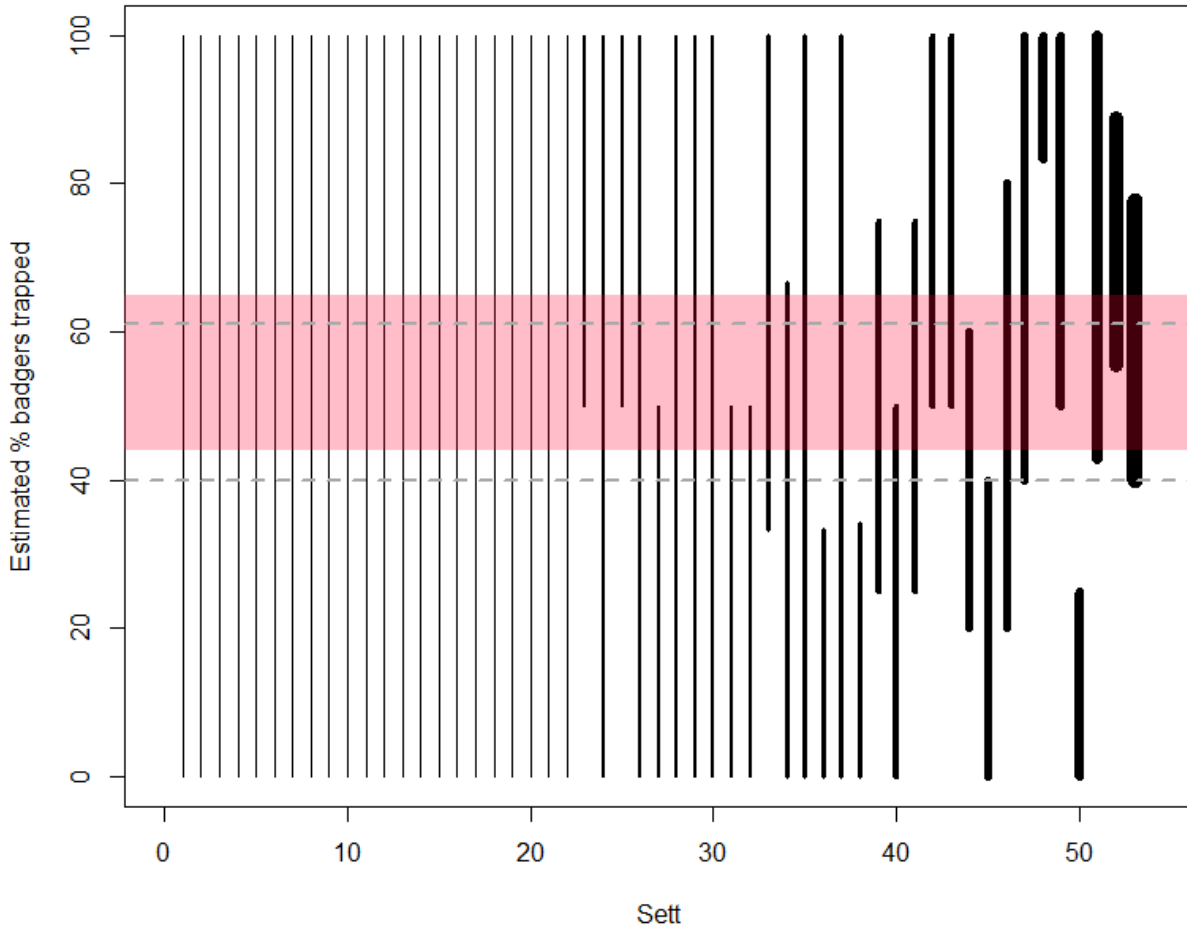
Roedd amcangyfrifon ar lefel y frochfa ar gyfer canran y moch daear a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd o bob grŵp cymdeithasol yn amrywio rhwng 0 a 100 gyda gwerth cymedr o 51% (40-61% cyfwng hyder o 95%). Roedd rhai cyfyngiadau'n gysylltiedig â'r data hyn, yn bennaf oherwydd bod y sampl ar gyfer nifer o'r brochfeydd yn fach. Er gwaethaf hyn, mae'r amcangyfrif ar lefel y frochfa yn cymharu'n ffafriol â'r amcangyfrif o'r boblogaeth (44-65% cyfwng hyder o 95%, cymedr 55). Mae hyn yn awgrymu na chafodd amrywiadau yn nifer y parau genetig a gafwyd yn y brochfeydd (Tabl 1, Ffigur 1) ddylanwad sylweddol ar yr amcangyfrifon o'r boblogaeth gyffredinol.

Tabl 1 Crynodeb o samplau o faglau blew a enoteipiwyd a oedd yn cyfateb i enoteipiau moch daear a frechwyd ym mhob set.

Rhif adnabod y set	Nifer y samplau o faglau dal blew a enoteipiwyd	Nifer yr unigolion y daliwyd eu blew mewn magl	Y nifer a gafodd eu paru ag unigolion a frechwyd	% a barwyd*
1999	2	1	0	0
591	2	1	0	0
4547	1	1	1	100
6293	1	1	1	100
4726	1	1	0	0
4173	3	1	1	100
316	1	1	0	0
1669	1	1	0	0
5827	1	1	1	100
3098	1	1	0	0
1092	2	1	0	0
7713	1	1	1	100
5500	1	1	0	0
2518	5	1	1	100
1452	1	1	1	100
6981	1	1	1	100
6837	1	1	0	0
4415	1	1	1	100
1773	1	1	1	100

Rhif adnabod y set	Nifer y samplau o faglau dal blew a enoteipiwyd	Nifer yr unigolion y daliwyd eu blew mewn magl	Y nifer a gafodd eu paru ag unigolion a frechwyd	% a barwyd*
6701	1	1	1	100
6713	1	1	1	100
91	1	1	0	0
496	2	2	2	100
1618	6	2	1	50
8725	4	2	2	100
5638	4	2	1	50
4667	11	2	0	0
3379	2	2	1	50
7002	2	2	1	50
1326	3	2	1	50
4034	4	2	0	0
209	2	2	0	0
1431	4	3	2	67
270	9	3	1	33
8032	5	3	1	33
63	4	3	0	0
29	5	3	1	33
205	5	3	0	0
6307	9	4	2	50
8210	8	4	1	25
4638	7	4	2	50
5026	11	4	3	75
6557	13	4	3	75
4609	6	5	1	20
5118	7	5	1	20
2695	6	5	2	40
4153	9	5	3	60
2653	13	6	6	100
5860	8	6	4	67
4323	8	6	0	0
2364	18	7	4	57
2458	17	9	6	67
5859	25	10	5	50

* '% a barwyd' yn y tabl hwn yw canran yr unigolion y daliwyd eu blew mewn magl sy'n bresennol mewn brochfa ac a gafodd eu paru ag unigolion a frechwyd. Niferoedd crai yw'r rhain ac nid ydynt wedi'u haddasu i ystyried cyfraddau positif ffug, cyfraddau negatif ffug na chyfraddau symud.



Ffigur 1 Amcangyfrifon ar lefel y frochfa o ganran y moch daear a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd yn yr IAA yn 2015. Cynrychiolir amcangyfrifon o'r canrannau gan linellau fertigol mewn du. Mae lled pob llinell yn gymesur â nifer y moch daear y daliwyd eu blew mewn magl a'r rhai a enoteipiwyd ym mhob set. Mae'r band llorweddol pinc yn dangos y cyfwng hyder o 95% ar gyfer yr amcangyfrif lefel poblogaeth o ganran y boblogaeth a ddaliwyd mewn magl ac a frechwyd ac mae'r llinell lwyd doredig yn nodi cyfyngau hyder o 95% ar gyfer yr amcangyfrif cymedr lefel set.