

Arbedion Ynni Mesuredig – Adroddiad Terfynol

Mehefin 2022



Cynnwys

Crynodeb Gweithredol	1
Cyflwyniad	3
Nodau ac Amcanion.....	4
Y Cyd-destun ac Adolygiad Llenyddiaeth	5
Cymwysiadau	12
Casglu Data.....	21
Modelu a Dadansoddi.....	25
Y Fethodoleg Arfaethedig.....	40
Casgliadau a Phrif Ganfyddiadau	47
Atodiad.....	52
Cyfeiriadau	81

YMWADIAD

Paratowyd y ddogfen hon gan Energy Systems Catapult Limited. I gael y wybodaeth hawlfraint a chyfreithiol lawn, a thelerau diffiniedig, cyfeiriwch at yr adran "Trwydded / Ymwadiad" yng nghefn y ddogfen hon. Rhoddir yr holl wybodaeth yn ddidwyll ar sail y wybodaeth ddiweddaraf sydd ar gael i Energy Systems Catapult Limited. Ni roddir unrhyw warant na chynrychiolaeth ynghylch gwybodaeth o'r fath, ac ni ddylid ystyried ei bod yn sefydlu unrhyw ymrwymiad contract neu ymrwymiad arall sy'n rhwymo Energy Systems Catapult Limited nac unrhyw un o'i is-gwmnïau neu gwmnïau cysylltiedig.

Crynodeb Gweithredol

Mae Energy Systems Catapult, EP Consultancy a'r Ganolfan Adeiladu Gweithredol wedi cynnal prosiect ymchwil a datblygu i gynnig protocol '*arbedion mesuredig*' ar gyfer gwaith ôl-osod preswyl er mwyn arbed ynni yn y DU. Nodau'r prosiect yw dadansoddi anghenion sector ôl-osod y DU ar gyfer adnodd gwerthuso ôl-osod digidol sy'n defnyddio mesuryddion clyfar, er mwyn pennu methodoleg dadansoddi addas sy'n seiliedig ar adolygiad o arferion presennol mewn gwledydd eraill, a sicrhau bod y dull hwn ar gael fel adnodd ffynhonnell agored y gall ymarferwyr y diwydiant ei ddefnyddio. Mae'r adroddiad terfynol hwn yn disgrifio cynnydd y prosiect.

Mae'r prosiect yn cael ei ariannu'n rhannol drwy Raglen Ôl-osod er mwyn Optimeiddio (ORP) Llywodraeth Cymru sy'n trin miloedd o eiddo tai cymdeithasol ledled Cymru gyda mesurau ôl-osod effeithlonrwydd ynni, ac yn rhannol drwy grant gan Sefydliad Elusennol y Cynllun Tystysgrifau Microgynhyrchu (MCS). Roedd tîm y prosiect wedi bwriadu defnyddio data o'r rhaglen ORP i lywio'r gwaith o ddatblygu'r protocol arbedion mesuredig. Fodd bynnag, mae oedi anochel wrth gaffael y data hwn wedi golygu bod y prosiect wedi dibynnu ar ffynonellau eraill.

Ar wahân i hynny, mae tîm y prosiect wedi gwneud cynnydd sylweddol, gan gynnwys:

- Casglu proffiliau defnyddwyr, achosion defnydd ac anghenion, gan adeiladu ar waith gweithgor y Green Finance Institute (GFI) ar arbedion mesuredig yn ystod 2020-21
- Gwerthuso arferion presennol a datblygiadau newydd mewn mentrau yn yr Unol Daleithiau ac Ewrop, gan gynnwys llofnodi Memorandwm Cyd-ddealltwriaeth ar y cyd â phrosiect *SENSEI* Horizon 2020
- Cysoni'r protocol newydd â'r Safon Brydeinig newydd ar Werthuso Perfformiad Adeiladu (BS 40101), sy'n diffinio methodoleg ar gyfer gwerthusiad cynhwysfawr o ganlyniadau ôl-osod. Yn benodol, mae'r safon Gwerthuso Perfformiad Adeiladu yn rhoi sylw cynhwysfawr i fanteision nad ydynt yn ymwneud ag ynni prosiect ôl-osod, gan nodi'r angen i werthuso arbedion ynni yn erbyn cymharydd (llinell sylfaen) – bydd y protocol arbedion mesuredig yn darparu adnodd cyfleus sy'n cydymffurfio ar gyfer gwerthuswyr ôl-osod i gynhyrchu'r cymharydd hwn a 'mesur' yr arbedion.
- Dadansoddi galluoedd a chyfyngiadau methodolegau cyfredol allweddol gan gynnwys CalTRACK a SENSEI o ran eu gallu i greu cymaryddion gwrthffeithiol ar gyfer anheddau a phortffolios unigol, a'u gallu i werthuso arbedion ar lefel fwy na lefel ddyddiol.
- Datblygu dealltwriaeth o'r cymwysiadau a'r achosion defnydd penodol ar gyfer arbedion mesuredig yng nghyd-destun y DU.
- Creu delweddau newydd o ddefnydd ac arbedion ynni preswyl a fydd yn helpu i ddadansoddi patrymau defnyddio ynni, ac i ddeall allbwn mesurydd arbedion.
- Adolygu allbynnau rhaglen 'SMETER' yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol ac ymgorffori ei chanfyddiadau yn yr ymchwil.
- Datblygu gofynion data sylfaenol ar gyfer defnyddio technegau arbedion mesuredig, gan gynnwys dull o werthuso pa mor 'bigog' yw data defnydd preswyl.
- Nodi lle mae angen datblygu pellach i gau'r bwlch rhwng y dulliau sydd ar gael a'r cymwysiadau a ragwelir, a'r cyfeiriad y dylai'r ymchwil hwn ei gymryd.

Mae'r prosiect wedi'i seilio ar dri phrif gymhwysiad, a nodweddyd yn fanwl drwy broses o ymgynghori â'r diwydiant, wedi'u hwyluso gan GFI a chyfweliadau â defnyddwyr:

1. Gwerthuso **Perfformiad Ôl-osod** Anheddau Unigol (I'w ddefnyddio o fewn Safon PAS 2035/BSI): Yma, mae gan **Werthuswr Ôl-osod** ddiddordeb yn arbedion ynni (gydag effeithiau o ran cyllid ac allyriadau) anheddau unigol wedi'u hôl-osod.
2. **Gwerthuso Portffolio Ôl-osod** ar gyfer asesu a dilysu Gwasanaethau Rhwydwaith (Hyblygrwydd): Yma, mae gan **Ddadansoddwr Rhwydwaith** ddiddordeb mewn asesu a dilysu'r Gwasanaethau Rhwydwaith a ddarperir gan bortffolio o ymyriadau, gan gynnwys gohirio atgyfnerthu'r rhwydwaith, gwasanaethau hyblygrwydd ar ochr y galw.
3. **Gwerthuso Portffolio Ôl-osod** ar gyfer asesu risgiau ac adenillion ar fuddsoddiad (gan lywio'r gwaith o dargedu a phrisio buddsoddiadau ymyrryd): Yma, mae gan **Ddadansoddwr Ariannol** ddiddordeb yn yr arbedion ynni (gydag effeithiau o ran cyllid ac allyriadau) sy'n gysylltiedig â phortffolio o anheddau wedi'u hôl-osod.

Er bod angen gwneud rhagor o waith i'w paratoi i'w defnyddio'n gyffredinol gan weithwyr proffesiynol ym maes ôl-osod a chyllid, canfuwyd bod y dulliau ar gyfer mesur arbedion ar draws portffolios o gartrefi yn addas i'r diben i raddau helaeth. Mewn rhai achosion, gellir defnyddio'r dulliau hyn ar gyfer anheddau unigol, ac yn y rôl hon, byddant yn adnodd defnyddiol ar gyfer cynnal gwerthusiad perfformiad adeiladau o dan y safon BS 40101 newydd.

Daw'r prosiect i'r casgliad hefyd y gellir defnyddio'r dulliau sydd ar gael ar hyn o bryd i ddarparu gwerthusiadau amser defnyddio ar draws portffolios o gartrefi, ond mae angen ymchwil a datblygiad pellach sylweddol cyn i'r dull hwn gynnig ateb ymarferol ar gyfer anheddau unigol. Mae natur '*bigog*' y defnydd o ynni mewn cartrefi mewn diwrnod yn rhy fawr i ddulliau cyfredol weithio'n ddibynadwy, ac nid yw'n ymddangos bod dulliau amgen a ddatblygwyd mewn cyd-destunau amhreswyl yn cynnig ateb. Ac eto, bydd angen y dulliau 'mewn diwrnod' hyn ar gyfer (i) cyfrifiadau arbedion cost ynni cywir lle mae tariffau amser defnyddio yn cael eu defnyddio, a (ii) gwerthusiadau cywir o allyriadau carbon wedi'u hosgoi drwy leihau'r galw a chymwysadau sy'n newid y galw sy'n ystyried amrywiadau tymhorol a lleoliadol yn nwysedd carbon trydan.

O ganlyniad, rydym wedi dod i'r casgliad na fydd yr ystod o gymwysadau a nodir ar gyfer arbedion ynni mesuredig yn cael sylw drwy un dull cyfrifo. Yn hytrach, mae angen basged o ddulliau, rhai ohonynt yn barod ac yn cynnig ateb defnyddiol yn y tymor byr, ac eraill sydd angen datblygiad pellach sylweddol.

Mae angen gwneud rhagor o ymchwil ar gyfrifiadau arbedion amser defnyddio ar gyfer eiddo unigol, a allai ganolbwyntio ar dechnegau tebygoliaethol i ddelio'n well â'r pigynnau annisgwyl a welir mewn data hanner awr, a/neu gall ymgorffori data esboniadol ychwanegol yn y cyfrifiad drwy synwryddion yn y cartref neu wybodaeth am ymddygiad.

Yn y cyfamser, mae dulliau dyddiol yn llawer agosach at fod yn ddefnyddiol mewn cymwysadau go iawn. Gellir gwerthuso arbedion ynni ar draws portffolios ôl-osod heddiw gan ddefnyddio dulliau CalTRACK neu ddulliau wedi'u cysoni'n agos, ond rydym yn awgrymu bod angen rhagor o ymchwil a datblygu cyn y gellir cynhyrchu canlyniadau dibynadwy y gellir eu dyblygu ar gyfer anheddau unigol a/neu ar gyfer rhaglenni lle mae'r galw'n newid ac yn lleihau. Gallai prosiect dilynol ganolbwyntio ar 'gynhyrchu' y dulliau hyn ar gyfer defnydd cyffredinol yn ogystal â mireinio'r dulliau sylfaenol ymhellach.

Cyflwyniad

Mae cyflawni allyriadau carbon sero net yn y DU erbyn 2050 yn gofyn am ddatgarboneiddio tua 27m o gartrefi drwy gyfuniad o fesurau effeithlonrwydd ynni, gwresogi carbon isel, a chyfateb defnydd yn well i argaeledd ynni carbon isel. Bydd adeiladu'r farchnad ar gyfer datgarboneiddio cartrefi ar y raddfa angenrheidiol yn gofyn am fodolau a chynigion masnachol newydd y gall defnyddwyr ymddiried ynddynt. Rhaid i ddeiliaid tai fod yn hyderus y bydd adnewyddu a thechnolegau carbon isel yn eu cartref yn cyflawni'r lefel perfformiad a addawyd o ran lleihau carbon ac arbedion costau ynni, a hefyd yn rhoi gwell cysur a llesiant drwy wella ansawdd yr amgylchedd dan do. Ar ben hynny, mae angen i ddarparwyr cyllid ar gyfer ôl-osod cartrefi gael tystiolaeth o'r manteision hyn os ydynt am gynnig cynhyrchion ariannol fforddiadwy ac atyniadol. Er bod modd defnyddio amrywiaeth o ymyriadau ynni yn y cartrefi hyn, at ddibenion y ddogfen hon byddwn yn defnyddio "effeithlonrwydd ynni" fel term pellgyrhaeddol i gynnwys unrhyw ymyriadau sy'n arbed ynni mewn lleoliadau domestig, neu'n symud y defnydd o ynni i gyfnod lle mae cost neu ddwysedd carbon yr ynni a ddefnyddir yn is.

Ni ellir mesur arbedion ynni yn ymarferol gan eu bod yn cynrychioli absenoldeb defnyddio ynni. Ar ben hynny, nid oes dull credadwy wedi'i sefydlu yn y DU ar gyfer pennu defnydd ynni 'gwrthffeithiol' adeilad sydd wedi cael ymyriad arbed ynni, hy beth fyddai wedi'i ddefnyddio pe na bai'r ymyriadau wedi digwydd. Mae ymchwil parhaus gan Energy Systems Catapult i agweddau defnyddwyr at ddatgarboneiddio cartrefi wedi canfod bod hyder isel o ran arbedion ynni yn rhwystr allweddol a fyddai'n atal llawer rhag cymryd camau i ddatgarboneiddio eu cartref neu gymryd cyllid i wneud hyn.

Fel arfer, amcangyfrifir yr arbedion a ddisgwyllir drwy uwchraddio ynni drwy ddefnyddio modelau sy'n rhagdybio perfformiad adeiladwaith ar sail archwilio gweledol a phatrymau defnydd safonol, ond nid yw defnyddwyr a rhanddeiliaid eraill yn cael gwybodaeth benodol am berfformiad go iawn. Nid yw amcangyfrif arbedion gan ddefnyddio dulliau nad ydynt yn mesur y gwir berfformiad a brofir gan breswylwyr yn gallu cyfrif am ddefnydd unigol y preswylwyr hynny nac effeithiolrwydd (yn bennaf ansawdd) y gwaith gwella ynni. Mae hyn yn tansilio'r cymhellion i gyflenwyr sicrhau gwelliannau sydd wedi'u dylunio a'u gweithredu'n dda, ac yn cynyddu'r risg i ddefnyddwyr na chaiff manteision disgwylidig y gwaith eu gwireddu. Mae cyflwyno safonau MCS a PAS 2035 yn ddatblygiad pwysig, ond mae bwlch yn parhau o ran mesur perfformiad mewn defnydd ac arbedion ynni (a chost) gwirioneddol.

Mae datblygu dulliau safonol i gyfrifo perfformiad gan ddefnyddio data ynni mesuredig yn gallu bod yn ateb effeithiol a fforddiadwy ar gyfer mesur canlyniadau prosiectau, gan arwain at hyder uwch ymysg cwsmeriaid mewn technolegau carbon isel ac at allu datblygu modelau busnes newydd fel cysur fel gwasanaeth neu gynigion seiliedig ar warant perfformiad, i dyfu'r farchnad a helpu i greu cynhyrchion cyllid newydd i gefnogi'r twf hwn.

Cafodd y prosiect hwn ei ariannu 50% gan Sero a Rhaglen Ôl-osod er mwyn Optimeiddio (ORP) Llywodraeth Cymru, a 50% gan Sefydliad Elusennol MCS, ac mae'n cael ei gefnogi gan y Green Finance Institute (GFI). Mae wedi cael ei gyflawni gan EP Group (EnergyPro gynt), Energy Systems Catapult a gyda mewnbwn gan raglen ymchwil y Ganolfan Adeiladu Gweithredol. Mae'r prosiect wedi dadansoddi dulliau o 'fesur' arbedion ynni a ddefnyddir mewn mannau eraill yn y byd ac wedi ymchwilio i gyd-destun y DU ar gyfer y dulliau hyn yn fanwl. Yn yr adroddiad hwn rydym yn cyflwyno atebion y gellir eu defnyddio ar gyfer nifer o'r cymwysiadau a nodwyd ac rydym yn dod i'r casgliad bod angen datblygu dulliau addas ar gyfer cymwysiadau eraill ymhellach.

Nodau ac Amcanion

Mae'r prosiect hwn yn adeiladu ar waith traws-sector yn y maes hwn a gefnogir gan Gynghair Effeithlonrwydd Ynni Adeiladau (CEEB) y Green Finance Institute (GFI), sydd wedi nodi'r angen am ddulliau safonol o fesur perfformiad.

Mae'r prosiect wedi bod yn gweithio tuag at fethodoleg y gellir ei mabwysiadu ar draws sector ôl-osod y DU i helpu i droi enillion perfformiad ynni yn fanteision mesuradwy drwy dechnoleg glyfar. Mae'r dull, a elwir yn fesur a dilysu, wedi cael ei ddefnyddio mewn prosiectau uwchraddio ynni amhreswyl mawr am nifer o flynyddoedd, ond nid yw dull safonol o werthuso a mesur perfformiad prosiectau ynni cartref yn bodoli eto yn y DU. Mae cynseiliau o dramor fel y dull CalTRACK yn Unol Daleithiau America, sydd wedi cael ei ddefnyddio drwy raglenni effeithlonrwydd ynni cyfleustodau ar raddfa fawr. Er bod dulliau eraill o gyfrifo ar gyfer mesur a dilysu wedi cael eu datblygu ledled y byd, mae CalTRACK yn cael ei ddefnyddio'n ehangach ac mae wedi bod yn cael ei ddefnyddio am ragor o amser mewn cymwysiadu marchnad go iawn nag unrhyw ddull arall, ac felly mae'n darparu'r astudiaeth achos fwyaf cyflawn o ddull 'mesur a dilysu uwch'.

Mae'r prosiect wedi cyflawni yn erbyn yr amcanion canlynol:

- Adolygu'r deunydd gwreiddiol a'r data sydd ar gael, gan gynnwys data manwl o'r ORP a Labordy Byw ESC i nodi beth yw'r gofynion sylfaenol er mwyn darparu proses mesur a dilysu gadarn
- Cwmpasu a chynnig proses/dull cyfrifo ffynhonnell agored prototeip i ddarparu gwerthusiad perfformiad arbedion ynni yn seiliedig ar y protocol drafft a gynigir gan weithgor y GFI ar arbedion mesuredig
- Gwneud argymhellion ar gyfer datblygu adnoddau a llwyfannau mesur a dilysu fel rhan o daith cwsmeriaid gydgyssylltiedig, gyda'r nod o hwyluso twf cyflym o ran defnyddio technolegau carbon isel. Gallai hyn gynnwys cynigion amlinellol ar gyfer sut gallai busnesau ddefnyddio'r dull i ddarparu gwasanaeth o ansawdd gwell, cynhyrchion ariannol newydd sy'n addas ar gyfer cynlluniau ôl-osod, ac i greu galw uwch
- Drwy drafodaethau gyda chyllidwyr a rhanddeiliaid allweddol, lledaenu canlyniadau a chanfyddiadau'r gwaith i gynulleidfa ehangach er mwyn hybu datblygiad adnoddau gan ddefnyddio'r dull a chefnogi'r defnydd o'r dull yn safonol.

Yn y prosiect hwn, mae llawer o gyfleoedd ar gyfer "cynyddu nodweddion" ("*feature creep*"), yn enwedig oherwydd natur gyfannol a rhyng-gysylltiedig arbedion mesuredig a'r maes trawsnewid ynni cyffredinol. Fodd bynnag, er mwyn sicrhau ein bod yn bwrw ymlaen â'r technegau diweddaraf yn y maes drwy allbynnau clir a chryno, rydym wedi sicrhau bod ein cwmpas yn gul ac yn canolbwyntio ar ddatblygu argymhelliad papur gwyn GFI o'r enw "*Green Finance Institute: Coalition for the Energy Efficiency of Buildings | Towards a protocol for metered energy savings in UK buildings*" (Rathmell, Oreszczyn, Phillips, Thomas, & Jofeh, 2021). Mae'r adroddiad hwn, ac felly ein prosiect, yn canolbwyntio ar ymyriadau pragmatig i helpu i ddatblygu protocol arbedion mesuredig yn y DU yn y dyfodol agos.

Y Cyd-destun ac Adolygiad Llenyddiaeth

Roedd cychwyn y prosiect wedi'i gysylltu'n agos â chanfyddiadau Papur Gwyn GFI o'r enw "Green Finance Institute: Coalition for the Energy Efficiency of Buildings | Towards a protocol for metered energy savings in UK buildings" (Rathmell, Oreszczyn, Phillips, Thomas, & Jofeh, 2021). Felly, roedd Gweithgor y GFI yn adnodd cyson wrth gyfarwyddo ein hadolygiad o'r cyd-destun arbedion mesuredig a datblygu methodoleg. Nid y gweithgor hwn oedd ein hunig ffynhonnell wybodaeth o bell ffordd, fodd bynnag: Yn ogystal â phrosiectau cefndir y mae partneriaid y consortiwm yn ymwneud â nhw (fel EN-TRACK, sy'n ceisio casglu data am berfformiad adeiladau ac ôl-osod o bob rhan o'r UE ar ran sefydliadau ariannol), mae'r consortiwm wedi ymgysylltu â phrosiectau ymchwil a datblygu eraill, fel yr amlinellir isod:

- Prosiect ENSMOV (H2020)
- Rhaglen Arloesi ar gyfer Sgoriau Effeithlonrwydd Thermol wedi'u Galluogi gan Fesuryddion Clyfar y DU (SMETER)
- Prosiect SENSEI (H2020)

Cafodd y sylfaen wybodaeth eang uchod ei pharu â chwmpas bwriadol gul ar gyfer yr adolygiad llenyddiaeth, gan adeiladu ar ffocws y GFI. Mae'n dal yn bwysig defnyddio gwybodaeth o ymylon y diwydiant, gan fod y prosiect hwn yn ymgymryd â thasg sy'n berthnasol i lawer o ddefnyddwyr ac achosion defnydd. Fodd bynnag, mae'r adolygiad llenyddiaeth hwn yn canolbwyntio'n bennaf ar y setiau data sydd ar gael a dulliau modelu ar gyfer adolygu ac asesu pellach. Mae'r ffocws pragmatig hwn wedyn yn cael ei ategu gan adolygiad o'r datblygiadau diweddaraf ar gyfer Arbedion Mesuredig y DU, fel y'i gwelir drwy lens y ddogfen a gyhoeddwyd yn ddiweddar, "Technical Evaluation of SMETER Technologies (TEST) Project: Executive Summary" (Allinson D, 2022).

Trosolwg

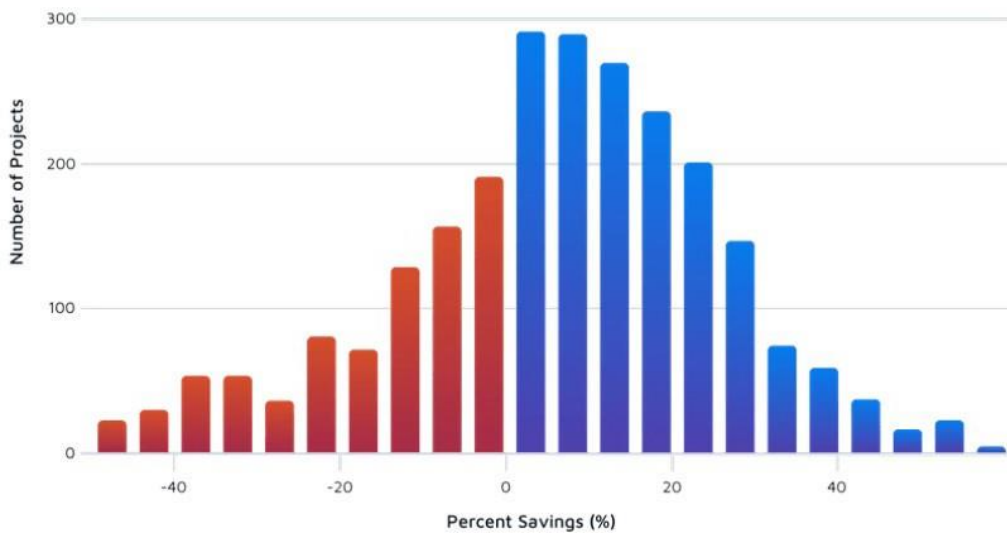
Yn hanesyddol, mae peirianwyr adeiladu wedi cyfrifo'r arbedion disgwylidig, gan ddefnyddio dulliau modelu sy'n seiliedig ar ddulliau ffiseg adeiladu traddodiadol. Nod y dull 'egwyddorion cyntaf' hwn yw datblygu model o'r adeilad yn seiliedig ar nodweddion ffisegol, ac mae defnyddio model sy'n seiliedig ar ffiseg yn creu darlun o'r gofynion ynni.

Y dull seiliedig ar ffiseg adeiladu mwyaf cyffredin yma yn y DU yw'r Weithdrefn Asesu Safonol ar gyfer Data Gostyngol (RdSAP), sydd wedi cael ei ddatblygu gan Lywodraeth y DU i'w ddefnyddio gydag anheddau presennol yn seiliedig ar arolwg safle o'r eiddo, pan nad yw'r data cyflawn sydd ei angen ar gyfer cyfrifiad SAP ar gael. (Yn wir, y gofynion cyffredol yw bod yn rhaid i unrhyw asesiad Tystysgrif Perfformiad Ynni (EPC) ar gyfer adeilad nad yw wedi'i adeiladu o'r newydd gael ei gynnal gan ddefnyddio RdSAP. Mae RdSAP yn cynnwys data a gasglwyd am yr adeilad, ynghyd â gosodiadau diofyn a gweithdrefnau casgliadau, sy'n cael eu bwydo i gyfrifiad dau gam. Mae casgliadau'n cael eu tynnu o'r set ddata ostyngol yn gyntaf, ac yna'n cael eu bwydo i'r cyfrifiad SAP go iawn. Oherwydd faint o gasgliadau sy'n cael eu dwyn ymlaen, a'r defnydd o baramedrau sy'n seiliedig ar systemau, mae'r prif fetrigau ynni, cost a charbon i gyd yn dibynnu ar y system yn hytrach nag adlewyrchu'r adeilad ei hun, ac ni ellir eu gwirio'n uniongyrchol ar ôl cwblhau. Er bod hyn yn ddefnyddiol ar gyfer darparu llinell sylfaen neu welliant cymharol dros adeilad tybiannol, nid yw RdSAP na SAP yn darparu metrig perfformiad 'mewn defnydd' absoliwt.

Mae hyn yn atal gwerthuso effaith, tracio cynnydd a meincnodi, ac nid yw'n gwobrwyo rhai agweddau pwysig ar ddylunio ynni effeithlon (ee ffurf adeilad). Yn ei dro, mae hyn yn atal gwerth sylweddol mewn eiddo wedi'u hól-osod rhag cael ei wireddu, yn enwedig o ran cyfuno effaith ôl-

osod at ddibenion ariannu neu wasanaethau rhwydwaith. Mae'r adolygiad llenyddiaeth a drafodir yma yn archwilio dulliau amgen o gyfrifo sefyllfaoedd gwrthffeithiol arbedion (hy beth fyddai'r defnydd o ynni ar gyfer cyfnodau penodol yn absenoldeb unrhyw welliannau effeithlonrwydd ynni neu system ynni), a fydd yn ei gwneud hi'n bosibl gwerthuso effaith, tracio cynnydd a meincnodi i wireddu'r gwerth ychwanegol hwn.

Mae'r graff hwn yn dangos yr ystod o arbedion a gyflawnwyd mewn rhaglen o tua 4,000 o gartrefi wedi'u hôl-osod. (Ffynhonnell: Recurve Analytics, Inc.)



Ffigur 1: Dosbarthiad Arbedion o brosiectau effeithlonrwydd ynni, wedi'u mesur yn gyson ar draws portffolio. Mae hyn yn dangos yr ystod o arbedion a gyflawnwyd mewn rhaglen o tua 4,000 o gartrefi wedi'u hôl-osod. (Ffynhonnell: Recurve Analytics, Inc.)

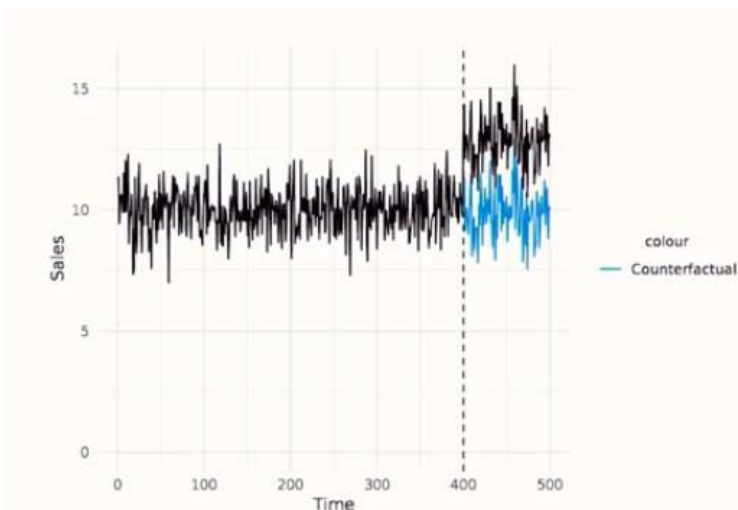
Mae hyn yn dangos nad yw gwir ganlyniadau effeithlonrwydd ynni bob amser yn gyson â'r bwriad, a gall hyn fod am nifer o resymau, sy'n amrywio o broblemau gosod i fodelu adeiladau'n anghywir. Er mwyn cael darlun mwy cywir a chyfannol, gallem edrych ar sut roedd yr adeilad yn gweithredu cyn yr ymyriad a sut mae'n gweithredu ar ôl yr ymyriad (o safbwynt ynni), a chymharu'r canlyniadau. Yn hytrach na defnyddio dull sy'n seiliedig ar ffiseg, nod y dull hwn yw asesu gwahaniaeth gwirioneddol, gan gyflwyno darlun realistig.

Mewn theori, y gwahaniaeth rhwng y ddau, o ystyried bod newidynnau eraill yn aros yr un fath (deiliadaeth, amgylchedd dan do, ymddygiad ac ati), yw'r ynni sy'n cael ei arbed. Felly, nod y gwaith yw edrych ar ddulliau, gan ddefnyddio modelau sy'n ceisio defnyddio mesuriadau cyn ac ar ôl yr ymyriad i fesur yr arbedion ynni posibl a gwirioneddol.

Dulliau modelu

Mae'r modelau a gyflwynir, drwy ddulliau amrywiol, yn anelu at ddefnyddio newidynnau sy'n dibynnu ar amser i ragweld y defnydd o ynni. Ar ôl hyfforddi'r modelau hyn, gellir eu defnyddio wedyn i gyfrifo'r defnydd o ynni yn y sefyllfaoedd gwrthffeithiol a fyddai wedi digwydd pe na bai ymyriad wedi digwydd, ac y gellir mesur arbedion ynni yn eu herbyn.

Mae'r dull a ddefnyddir gan y modelau yn rhan o'r hyn y cyfeirir ato mewn ystadegau fel 'dadansoddi ymyriad'. Fel mae'r enw'n ei awgrymu, y nod yw deall a oes ymyriad wedi digwydd ac, yn bwysicach, sut mae hynny wedi newid y system. Mae dadansoddi ymyriad yn defnyddio dull gwrthffeithiol, hy disgwylir gwerth penodol a gwelir gwerth gwahanol, gyda'r gwahaniaeth yn cael ei briodoli i'r ymyriad.



Ffigur 2: Darlun o ddefnydd gwrthffeithiol (Ffynhonnell: medium.com)

Felly, nod dadansoddi ymyriad yw datblygu model y gellir ei ddefnyddio, gan ddefnyddio data gwirioneddol, i ragweld y defnydd o ynni yn y dyfodol. Gan ddefnyddio'r rhagfynegiadau hyn, rydym yn cymharu yn erbyn gwir werth y defnydd mesuredig ac yna gallwn asesu effaith yr ymyriad.

Yng nghyd-destun defnydd adeiladau preswyl o ynni, mae'r modelau presennol yn tybio bod y preswylwyr a'u hymddygiad (ee patrymau deiliadaeth, gosodiadau thermostat, ynni a ddefnyddir at ddibenion heblaw gwresogi gofod) yr un fath cyn ac ar ôl yr ymyriad, ac felly gellir priodoli'r holl newidiadau yn y defnydd o ynni i'r ymyriad.

Adolygwyd tri phrif ddull modelu, ynghyd â chystadleuaeth a oedd yn cynnwys dulliau modelu gwahanol. Mae Atodiad 1 yn cynnwys adolygiad manylach o bob dull gweithredu, ond maent wedi'u crynhoi isod.

Dull Modelu 1: CalTRACK

Mae CalTRACK yn ddull sydd wedi'i ddatblygu ar gyfer portffolios o adeiladau masnachol. Mae ar gael mewn pecyn Python ffynhonnell agored (Suffian, 2021) ac mae wedi cael ei ddefnyddio mewn cynlluniau talu am berfformiad (P4P) yn California. Mae'r model wedi cael ei ddefnyddio ar safleoedd diwydiannol, lle mae systemau gwresogi ac oeri (HVAC) yn defnyddio trydan. Nid yw'r dull yn cael ei ddefnyddio ar safleoedd unigol fel arfer, ond gyda'r nod o edrych ar bortffolios o asedau a chyfrifo eu harbedion ynni drwy ymyriad. Nid yw'n cael ei ddefnyddio ar gyfer y defnydd o nwy chwaith fel arfer.

Mae CalTRACK angen blwyddyn o ddata cyn yr ymyriad a gellir ei gynnal yn ddyddiol neu'n fisol (sy'n cyd-fynd â model llinol gan ddefnyddio diwrnodau gradd gwresogi/oeri (HDD/CDD)) neu fesul awr (sy'n ystyried yr adeg o'r wythnos a thymheredd allanol).

Mae'r dull CalTRACK yn darparu model safonol, cymharol syml a ddyluniwyd ar gyfer portffolios. Mae'n gymharol hawdd ei ddefnyddio o ystyried ei ddefnydd o ddata mesuryddion clyfar, bod y

diwydiant wedi'i dderbyn, argaeledd gweithrediad ffynhonnell agored ac ychydig iawn o ofynion mewnbynnu data (HDD/CDD a'r adeg o'r wythnos yn unig). Fodd bynnag, o ystyried ei natur linol, mae'n ddull eithaf syml a allai gael trafferth gyda chymhlethdod modelu un annedd. Gan nad oedd wedi cael ei brofi'n flaenorol ar asedau preswyl yn y DU sy'n defnyddio trydan a nwy, un o nodau allweddol y prosiect hwn oedd profi ei effeithiolrwydd yn y lleoliad hwnnw.

Dull Modelu 2: SENSEI

Mae'r dull SENSEI, a ddatblygwyd drwy raglen Horizon 2020, yn dilyn dull tebyg i CalTRACK. Mae CalTRACK yn ceisio edrych ar adegau o'r wythnos pan fo pobl yn bresennol a ddim yn bresennol, a datblygu model ar gyfer pob un, ond nod SENSEI yw datblygu rhagor o gyflyrau adeiladu penodol y gellir eu defnyddio i rag-weld y defnydd o ynni. Bwriad hyn, ynghyd â dull ychydig yn fwy soffistigedig o osod modelau, yw darparu gwell asesiad ar lefel adeiladau o arbedion ynni na dull CalTRACK, sy'n seiliedig ar bortffolio.

Fel CalTRACK, mae angen y defnydd o ynni bob awr a thymheredd allanol, ond gall hefyd gynnwys nodweddion fel gwyliau. Mae ar gael mewn pecyn Python ffynhonnell agored (Hebes.IO, 2021).

Dull Modelu 3: Peiriannau Atgyfnerthu Graddiant

Mae Peiriannau Atgyfnerthu Graddiant (GBM) yn deulu o algorithmau dysgu peirianyddol sy'n cynnwys clymu cyfres o fodolau gyda'i gilydd yn awtomatig, gyda phob un yn canolbwyntio ar ddeall a thynnu'r gwallau o'r model blaenorol yn y gadwyn.

Cafodd hyn ei gymhwyso i arbedion ynni mesuredig gan labordy cenedlaethol Lawrence Berkeley neu LBNL (TOUZANI, 2018) a, phan gafodd ei brofi ar 410 o adeiladau masnachol yn yr Unol Daleithiau, canfuwyd ei fod ychydig yn fwy cywir na'r model Adeg o'r Wythnos a ddefnyddir gan CalTRACK. Mae ar gael fel pecyn R ffynhonnell agored (Lawrence Berkeley National Laboratory, n.d.). Mae'n defnyddio'r un data â SENSEI (gan gynnwys gwyliau) ond mae gan Beiriannau Atgyfnerthu Graddiant y gallu i gynnwys newidynnau eraill (ee arbelydriad solar).

Sylwch fod Peiriannau Atgyfnerthu Graddiant yn gallu modelu newidiadau aflinol. Fodd bynnag, mae cymhlethdod ychwanegol y model sylfaenol yn golygu bod risg sylweddol o orffitio (ac felly perfformiad rhagfynegi gwael). Mae nifer o fesurau lliniaru sy'n gallu lleihau'r risg hon (ee tiwnio hyperbaramedrau) ond mae'n anodd dileu'r risg yn gyfan gwbl.

Cymharu Dulliau: Her y Great Energy Predictor III

Yn 2019, cynhaliodd ASHRAE gystadleuaeth ar Kaggle (llwyfan cystadleuaeth Gwyddor Data) o'r enw Great Energy Predictor III. Sefydlwyd yr her gan ASHRAE er mwyn gwella cynlluniau talu am berfformiad drwy ddarparu dulliau cadarn o amcangyfrif perfformiad eiddo wedi'u hôl-osod. Gofynnwyd i'r cyfranogwyr ragfynegi'r defnydd mesuredig o ynni mewn adeiladau masnachol: dŵr oeredig, trydan, dŵr poeth a mesuryddion stêm, gan ddefnyddio data o fwy na 1,000 o adeiladau dros gyfnod o dair blynedd.

Dangosodd y modelau sy'n perfformio orau yn her Great Energy Predictor III y gall ensembles mawr o fodolau (yn enwedig rhai sy'n cynnwys coed wedi'u hatgyfnerthu) fod yn effeithiol ar gyfer sicrhau'r perfformiad gorau (Miller, 2020). Mae modelau ensemble yn mynd i'r afael â gorffitio drwy gyfuno rhagfynegiadau o nifer o wahanol fodolau, ar draul costau cyfrifiadurol uwch a lleihau'r dehongladwydd.

Yn ogystal, tynnodd y perfformwyr gorau yn y gystadleuaeth sylw at y ffaith fod angen rhag-brosesu'r data i ddelio ag anghysondebau a data coll ar gyfer perfformiad o'r radd flaenaf (ac na ellir ei awtomeiddio'n llawn yn hawdd). Mae hyn yn bwysig oherwydd mae'n awgrymu, wrth ystyried y nod o arbedion ynni mesuredig cywir ar gyfer eiddo domestig, y gallai sicrhau data mewnbwn o ansawdd uchel fod yr un mor hanfodol â defnyddio technegau modelu uwch.

Safon Brydeinig (BS) 40101: 2022

Ar yr un pryd ag yr oedd y prosiect Arbedion Ynni Mesuredig (MES) yn cael ei gynllunio, roedd Safon Brydeinig newydd yn cael ei datblygu, *BS 40101: Building Performance Evaluation (BPE) of occupied and operational buildings (using data gathered from tests, measurements observation and user experience)* (BSI Group, 2022). Cyhoeddwyd y safon hon ym mis Ionawr 2022 ac mae'n safon fanyleb sy'n golygu ei bod yn nodi gofynion penodol ar gyfer y broses o gynllunio, gweithredu ac adrodd ar brosiectau gwerthuso perfformiad adeiladau. Mae'r safon yn berthnasol i bob math a defnydd o adeiladau ar unrhyw adeg yn ystod cyfnod mewn defnydd eu cylch oes ac felly mae'n arbennig o ddefnyddiol yng nghyd-destun gwelliannau i adeiladau ar gyfer gwerthuso perfformiad cyn ac ar ôl uwchraddio. Mae defnyddio proses sy'n cydymffurfio â Safon Brydeinig yn golygu y gellir dibynnu ar ganlyniadau i sicrhau cysondeb ar draws prosiectau ac felly gellir eu defnyddio mewn trefniadau contractiol fel contractio perfformiad, cyllido gwaith gwella, ac o bosibl ar gyfer gofynion rheoleiddiol. Darperir tair prif lefel o werthuso yn y safon – Gwerthuso Rhagarweiniol, BPE Ysgafn a BPE Safonol, ynghyd â phhecyn cymorth ychwanegol o elfennau BPE Ymchwiliol y gellir eu cynnwys ochr yn ochr â'r elfennau hanfodol ar gyfer unrhyw un o'r tair prif lefel, neu fel gwerthusiad ymchwiliol dilynol annibynnol.

Roedd unigolion a oedd yn gyfrifol am y prosiect Arbedion Ynni Mesuredig (MES) wedi bod yn rhan o'r gweithdai cynnar (yn dilyn adolygiad Each Home Counts a sefydlu Grŵp Gorchwyl Safonau Ôl-osod BSI) a oedd yn sail i'r gwaith o gwmpasu'r Safon Brydeinig. Wrth i'r prosiect MES gael ei ffurfio, roedd cyswllt yn cael ei gynnal gyda Dr Kerry Mashford, Cadeirydd panel drafftio BS 40101 a oedd wedi cyd-ysgrifennu'r testun hefyd. Ymunodd Kerry â grŵp llywio'r prosiect MES a chyfrannodd Alex Rathmell o EP Group a'r tîm MES at yr ymgynghoriad cyhoeddus ar ddrafft cychwynnol y safon. Roedd y panel a oedd yn drafftio'r safon yn awyddus i sicrhau y gellid caniatáu adnoddau, technolegau a dulliau newydd o fewn BS 40101, ac felly mae'r safon a gyhoeddwyd bellach yn cynnwys nifer o ddulliau newydd a rhai sy'n dod i'r amlwg fel technegau hanfodol neu ddewisol. Mae'r dull y mae'n ei fabwysiadu o ddefnyddio cymaryddion, fel yr esbonnir isod, hefyd yn gyson â'r dull MES.

Nid yw BS 40101 yn neilltuo sgôr perfformiad i eiddo ond mae'n ei gwneud yn ofynnol cymharu'r perfformiad gwirioneddol â pherfformiad cyfeirio sy'n benodol i adeilad(au) yr astudiaeth ac amcanion y prosiect. Yn achos adeilad newydd, bydd hyn yn cynnwys manyleb y dyluniad a'r gofynion rheoleiddiol fan leiaf, ac ar gyfer adeiladau o unrhyw oedran, gall gynnwys meincnodau'r diwydiant, perfformiad gwirioneddol blaenorol adeilad yr astudiaeth (ee cyn ôl-osod), perfformiad wedi'i foddelu neu'i ragfynegi a gwerthoedd paramedrau unigol fel y rhai a osodwyd gan Sefydliad Iechyd y Byd ar gyfer crynodiad CO₂. Mae achosion perfformiad cyfeirio o'r fath yn gymaryddion termau yn y Safon Brydeinig.

Mae'r data a gesglir ar gyfer prosiect lefel BPE Safonol sy'n cydymffurfio â BS 40101 yn cynnwys casglu data am ynni a thymheredd (mewnol ac allanol) bob hanner awr, ac felly bydd y lefel hon o astudiaeth BPE yn bodloni'r gofynion ar gyfer modelau a dulliau sy'n cael eu hymchwilio a'u cynnig

o dan y prosiect Arbed Ynni Mesuredig. Bydd data o'r fath sy'n benodol i eiddo, a ddefnyddir i hyfforddi model defnyddio ynni rhagfynegol MES, yn darparu dau achos cymharydd (fel y disgrifir yn BS 40101), y cyntaf yn cynnwys y defnydd ynni gwirioneddol â stamp amser cyn gwaith gwella a'r ail yw'r perfformiad wedi'i fodelu (wedi'i ragfynegi) ar ôl gwaith gwella.

Mae BS 40101 hefyd yn nodi sut mae data'n cael ei labelu a'i storio, gyda'r amcan o gael gwared ar y rhwystr presennol i aildefnyddio data mewn astudiaethau yn y dyfodol (ee gwerthuso'r un adeilad yn ddiweddarach), mewn meta-ddadansoddiad neu wrth gydosod setiau data cyfun ar gyfer datblygu a dilysu adnoddau gwerthuso newydd. Dros amser, bydd y cysoni hwn ar gyfer enwi a strwythuro data yn gwella argaeledd tebygol setiau data cydnaws y gellir eu defnyddio heb fawr ddim prosesu pellach mewn prosiectau fel MES.

Y Diweddraf yn y DU: Crynodeb o'r cynnydd a wnaed gan y Prosiect SMETER

Mae'r adran ganlynol yn crynhoi allbynnau perthnasol y Rhaglen Arloesi ar gyfer Sgoriau Effeithlonrwydd Thermol wedi'u Galluogi gan Fesuryddion Clyfar (SMETER), gan dynnu'n uniongyrchol o [Adroddiad Gwerthuso Technegol](#) y prosiect (Allinson, 2022). Ceir cyflwyniad llawn a dadansoddiad o'r allbynnau hyn yn Atodiad 2. Cafodd Rhaglen Arloesi SMETER y DU ei hariannu gan yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (BEIS) o 2019-2022, gyda'r nod o werthuso technolegau a dulliau arloesol a oedd wedi cael eu datblygu dros y blynyddoedd diwethaf ar wahân i'r gwerthusiad hwn. Gellir cael gwybodaeth ychwanegol am y dulliau hyn gan y sefydliad cychwynnol, fel yr [adroddiad manwl hwn sy'n ymdrin â thechnoleg BTS](#) (Jack, Smith, Lloegr, a Gill, 2021).

Mae technolegau SMETER yn defnyddio algorithmau i gyfrifo'r Cyfernod Trosglwyddo Gwres (HTC) ar gyfer cartrefi wedi'u meddiannu o ddata mesuryddion clyfar ac amcan y rhaglen hon oedd gwerthuso dulliau HTC a ddatblygwyd yn ddiweddar, y mae rhai ohonynt eisoes wedi cael eu defnyddio ar nifer sylweddol (cannoedd hyd at filoedd) o eiddo. Mae'r pwyntiau allweddol canlynol wedi cael eu dysgu o'r dadansoddiad o'r gwerthusiad o SMETER, fel y bo'n berthnasol i'r ymchwiliad hwn:

1. Dangosodd y gwerthusiad o SMETER ei bod yn bosibl amcangyfrif HTC adeilad heb fod angen prawf cyd-wresogi. Gallai hyn fod yn ddefnyddiol ar gyfer dilysu dulliau sy'n modelu effaith ymyriadau ynni ar adeiladwaith a system wresogi adeilad. Fodd bynnag, un canlyniad mwy arloesol o'r dulliau llwyddiannus hyn yw eu defnydd posibl o ddadgyfuno gwres oddi wrth ddefnydd arall o ynni, a all helpu'n fawr i fesur ac amcangyfrif arbedion ynni lle mae ymyriadau gwresogi ac ymyriadau eraill wedi'u cynnal.
2. Mae llwyddiant y dulliau modelu hyn yn awgrymu y gallai fod yn bosibl gwella cywirdeb arbedion ynni mesuredig.
3. Mae rhai arwyddion bod nodweddion data penodol, fel data ymddygiad ychwanegol (fel yr hyn sy'n deillio o synwryddion ystafelloedd) yn ddefnyddiol i wella cywirdeb arbedion ynni mesuredig, ond nid yw'r nodweddion data hyn yn unig yn ddigonol ar gyfer cynhyrchu allbynnau modelu cywir. Defnyddiwyd ystod o nodweddion data yn y dulliau mwyaf llwyddiannus, gan ddangos bod cyfuniadau amrywiol o nodweddion data sy'n galluogi allbynnau modelu cywir.
4. Roedd profiad y defnyddiwr o ganlyniad i bresenoldeb atebion mesur ychwanegol yn gadarnhaol ar y cyfan, gyda'r rhan fwyaf o gartrefi (97%) yn dweud nad oeddent wedi sylwi ar y cynnyrch SMETER yn eu cartref. Dywedodd y rhan fwyaf o'r ymatebwyr (93%) y byddent yn hapus i gael cynnyrch SMETER yn eu cartref am byth a byddai'r 7% sy'n weddill yn fodlon i gynnyrch SMETER gael ei osod am 6 mis. Gellid annog rhagor o gefnogaeth i bresenoldeb atebion mesur drwy sicrhau nad oedd yr atebion yn golygu bod un soced plwg yn llai yn y cartref, neu drwy reoli'r llygredd golau a gynhyrchir gan yr atebion mesur.

Cymwysiadau

Roedd y Papur Gwyn gwreiddiol (Rathmell, Oreszczyn, Phillips, Thomas, a Jofeh, 2021) yn rhagweld un protocol ar gyfer cyfrifo arbedion ynni ac y gellir cymhwyso ei allbynnau i amrywiaeth o gymwysiadau. Trafododd Gweithgor y GFI nifer o gymwysiadau penodol a nodi ystod o ddefnyddwyr posibl y protocol, fel y dangosir isod yn Nhabl 1.

Tabl 1: Cymwysiadau posibl arbedion ynni mesuredig yn y DU. *Ffynhonnell:* (Rathmell, Oreszczyn, Phillips, Thomas, a Jofeh, 2021)

Cymwysiadau arbedion ynni mesuredig	Manteision defnyddio arbedion ynni mesuredig	Gofynion data
Gwres neu Gysur fel Gwasanaeth: Mesur arbedion ynni er mwyn rhoi hyder i berchnogion tai a buddsoddwyr, a lleihau'r risg i ddarparwyr gwasanaethau	<ul style="list-style-type: none"> ● Methodoleg cyfrifo safonol ● Methodoleg asesu'r llinell sylfaen y gellir ei gwirio ● Gallu rhagfynegi arbedion 	<ul style="list-style-type: none"> ● Methodoleg cyfrifo safonol ● Methodoleg asesu'r llinell sylfaen y gellir ei gwirio ● Gallu rhagfynegi arbedion ● Data mesurydd clyfar – os nad yw ar gael, data biliau ynni ● Gallai arolwg i breswylwyr fod yn werthfawr i asesu boddhad cwsmeriaid ● Tymheredd mewnol a lleithder cymharol ● Data tywydd
Gwarantau perfformiad ar gyfer cyllid ôl-osod: Mesur perfformiad ar gyfer Talu wrth Arbed, sicrwydd o arbedion, yswiriant a modelau eraill	<ul style="list-style-type: none"> ● Dull dibynadwy y gellir ei ddyblygu o gyfrifo perfformiad ynni ar ôl prosiect ôl-osod ● Dull o ragfynegi perfformiad cyn gweithio ar sail data mewn defnydd 	<ul style="list-style-type: none"> ● Data mesurydd clyfar ● Data tymheredd mewnol ● Data tywydd ● Data solar
Gwaith ôl-osod ar sail ardal: Asesu manteision gwahanol becynnau ôl-osod a nodi darpar eiddo. Gallai'r dystiolaeth hon gefnogi cynigion ariannol fel Cyllid Cydgasglu Galw	<ul style="list-style-type: none"> ● Amcangyfrif cadarn o'r manteision posibl i eiddo tebyg drwy atebion ôl-osod safonol ond addasadwy 	<ul style="list-style-type: none"> ● Data mesurydd clyfar ● Data cyd-destunol ar fathau o adeiladau

<p>Helpu benthycwyr i wirio a mesur 'gwyrddni': Gall benthycwyr wirio'r arbedion effeithlonrwydd ynni y mae cynhyrchion a gwasanaethau ariannol wedi'u galluogi, ac asesu perfformiad ynni portffolios morgais yn well na data EPC yn unig</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Methodoleg cyfrifo safonol ● Methodoleg asesu'r llinell sylfaen y gellir ei gwirio ● Gallu rhagfynegi arbedion yn gywir 	<ul style="list-style-type: none"> ● Data mesurydd clyfar – os nad yw ar gael, data biliau ynni – ar gyfer y cyfnod cyn ac ar ôl y prosiect a ariennir ● Gwybodaeth am y prosiect ôl-osod
<p>Prosiectau effeithlonrwydd ynni sy'n cymryd rhan mewn marchnadoedd hyblygrwydd a chapasiti</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Dull safonol o gyfrifo defnydd ynni'r llinell sylfaen gyda chywirdeb a sicrwydd, yn debyg i CalTRACK ● Neilltuo gwerth ariannol i arbediad (defnydd ynni wedi'i osgoi) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Data ynni mesurydd clyfar ● Data tywydd ● Gwybodaeth am y prosiect neu fesur ôl-osod, gan gynnwys y dyddiad gosod
<p>Cynlluniau rhwymedigaethau effeithlonrwydd ynni (ee ECO, olynedd CERT): Disodli methodolegau 'tybiedig' gyda mesuriadau perfformiad</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Methodoleg cyfrifo safonol i sicrhau bod cyflenwyr yn cael eu trin yn deg mewn perthynas â thargedau 	<ul style="list-style-type: none"> ● Data mesurydd clyfar ● Data tymheredd mewnol ● Data tywydd
<p>Model ESCo neu Dalu wrth Arbed ar gyfer adeiladau domestig: Mesur gwir enillion effeithlonrwydd a gwella sicrwydd ar wariant ynni, a allai alluogi cyfraddau llog is ar opsiynau cyllido</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Methodoleg safonol ar gyfer casglu data gyda gallu uchel i efelychu cyd-destun go iawn 	<ul style="list-style-type: none"> ● Defnyddio ynni ● Data tymheredd mewnol ● Data tywydd ● Mesurau ansawdd mewnol eraill fel goleuni, lefel CO2 a lleithder
<p>Canlyniadau 'carbon wedi'i osgoi' effeithlonrwydd a hyblygrwydd ar ôl prosiect ôl-osod</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Ffordd safonol o ddangos i ddyfeisiau yn y cartref bod allyriadau carbon trydan sy'n cael ei gyflenwi gan y grid yn arbennig o uchel, er enghraifft i achosi i fatris ddadwefru er mwyn lleihau allyriadau carbon y cartref ● Proses safonol i werthuso mesurau lliniaru carbon o ymyriad effeithlonrwydd neu hyblygrwydd yn rheolaidd (ee bob hanner awr) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Data dwysedd carbon y grid – ar gael bob hanner awr – i ddarparu asesiad o'r effaith carbon, yn hytrach na chyfartaleddau dwysedd carbon blynyddol ● Efallai y bydd angen data mwy manwl am wir allyriadau carbon yr ynni a gyflenwir i gartref mewn rhai amgylchiadau. Er enghraifft, pe bai generadur disel yn cael ei ddefnyddio ar y system ddosbarthu leol, byddai'n cynyddu allyriadau'n lleol, felly byddai defnyddio'r ffigur cyfartalog ar gyfer dwysedd carbon grid yn amcangyfrif rhy isel. Gellid defnyddio'r data hwn i ddangos i

		ddyfeisiau yn y cartref y dylent gau neu newid i fatris er mwyn lleihau allyriadau
Asesu effeithiolrwydd polisiau yn seiliedig ar berfformiad a gyflawnwyd er mwyn llywio gwaith rheoleiddio	<ul style="list-style-type: none"> Dull safonol i helpu i lywio polisiau a rheoliadau perthnasol 	<ul style="list-style-type: none"> Data mesurydd clyfar Data tymheredd mewnol Data cyd-destunol ar adeiladau
Pasbortau adnewyddu adeiladau: Gwella cyfoeth data'r adnodd hwn, sy'n cynnwys llyfr log eiddo gyda gwybodaeth am waith adnewyddu blaenorol a pherfformiad ynni, a map o waith ôl-osod i ddatgarboneiddio'r eiddo	<ul style="list-style-type: none"> Gall arbedion ynni mesuredig lywio mewnbynnau ac allbynnau data Pasbort Adnewyddu Adeiladau, gan helpu cartrefi i weld manteision y mesurau ôl-osod a gyflawnwyd 	<ul style="list-style-type: none"> Gwybodaeth am y prosiect ôl-osod Gwybodaeth am y defnydd o ynni

Gan fod yr her o ddatblygu protocol addas yn cael ei harchwilio'n fanylach o dan y prosiect hwn, daeth yn amlwg y byddai angen diffiniadau mwy helaeth o lawer o ddefnydd, gan roi arwydd cynnar na fyddai un dull cyfrifo yn ddigonol o ystyried amrywiaeth y cymwysiadau posibl. Roedd hyn yn golygu cyfuno i restr fyrrach o gymwysiadau a diffinio'r rhain yn fanylach ar yr un pryd. Cyflawnwyd hyn drwy adolygu'r rhestr hir o achosion defnydd (Tabl 1, uchod) gyda grwpiau llywio a chynghori'r prosiect, ac archwilio'r cymwysiadau dan sylw yn fwy manwl.

Y canlyniad oedd rhestr o dri phrif gymhwysiad a gefnogir ym mhob achos gan stori defnyddiwr a ddatblygwyd drwy gyfres o gyfweiliadau gyda defnyddwyr cynrychioladol. Disgrifir y tri phrif gymhwysiad hyn yn Nhabl 2 isod.

Tabl 2: Crynodeb o gymwysiadau arfaethedig y fethodoleg ranedig a ddatblygwyd gan y prosiect hwn, gan gysylltu'r prif gymwysiadau â defnyddwyr disgwylidig, y pwrpas a ddymunir, a'u gofynion o ran unrhyw brotocol(au) dilynol.

Cymhwysiad	Pwrpas	Defnyddiwr disgwylidig	Gofynion o ran protocol
Gwerthusiad ôl-osod unigol*	Gwerthuso'r arbedion ynni, cost ac allyriadau y gellir eu priodoli i brosiect ôl-osod mewn un annedd	Gweithiwr proffesiynol ôl-osod, ee Gwerthuswr Ôl-osod PAS 2035. Y nod yw mynd i'r afael ag elfen Monitro a Gwerthuso proses PAS 2035 pan gaiff ei gweithredu fel rhan o werthusiad sy'n cydymffurfio â BS 40101.	Gwerthuso arbedion ar gyfer un annedd yn gywir. Amser defnyddio / amser arbedion yn ddefnyddiol ar gyfer cyfrifiadau cost a charbon.
Gwerthuso portffolio ar gyfer rhwydwaith	Gwerthuso gwasanaethau rhwydwaith penodol a ddarperir gan bortffolio o brosiectau ôl-osod cartrefi. Gall hyn gynnwys gohirio atgyfnerthu'r rhwydwaith	Dadansoddwr rhwydwaith sy'n gweithio ar ran Gweithredwr System. Y nod yw caniatáu i bortffolios o brosiectau ôl-osod weithredu fel adnodd ynni dosbarthedig sy'n gallu denu gwerth am y manteision	Amser defnyddio / amser arbedion.

	neu wasanaethau hyblygrwydd ochr y galw	maent yn eu cynnig i'r rhwydwaith trydan.	
Gwerthuso portffolio ar gyfer dadansoddiad ariannol	Gwerthuso'r arbedion costau ynni a gyflawnwyd drwy bortffolio o brosiectau ôl-osod i lywio'r gwaith o dargedu a phrisio cynhyrchion cyllid gwyrdd ar gyfer ôl-osod cartrefi	Dadansoddwr ariannol sy'n gweithio i ddarparwr cyllid neu yswiriwr. Y nod yw cyfrannu at y gwaith o ddadansoddi risg drwy ddata cyson ar effeithiau ôl-osod ar lifau arian allan cartrefi.	Gwerthuso arbedion ar draws portffolio yn gywir.

**Fel y disgrifir o dan 'Methodoleg arfaethedig', unwaith y daeth yn amlwg bod gwerthuso arbedion hanner awr dros y cyfnod 24 awr yn anymarferol gan ddefnyddio'r dulliau modelu a archwiliwyd, cafodd y cymhwysiad hwn ei rannu ymhellach yn ddau: (i) cymwysiadau lle mae amser arbedion yn bwysig, sy'n galw am fodel llinell sylfaen hanner awr; a (ii) cymwysiadau lle mai dim ond arbedion ar lefel ddyddiol sydd eu hangen, sy'n cynnwys llawer o achosion defnydd gwerthuso ôl-osod. Trafodir hyn ymhellach o dan 'Methodoleg arfaethedig'.*

Ymgysylltu â'r Diwydiant: Canfyddiadau Rhanddeiliaid

Mae datblygu protocol safonol i'r diwydiant cyfan ar gyfer mesur arbedion ynni yn her uniongyrchol oherwydd amrywiaeth y sector a'r cyfranogwyr a'r gwasanaethau sy'n rhan ohono. Felly, yn dilyn ein hymgysylltiad â gweithgorau, penderfynodd y consortiwm rannu'r fethodoleg allbwn a ddymunir i fodloni proffiliau achosion defnydd lluosog a'r gwasanaethau maent yn eu hintegreiddio. Lle nad oedd digon o wybodaeth ar gael drwy'r gweithgorau hyn, cynhaliwyd cyfweiliadau penodol strwythuredig â defnyddwyr (yn ystod Ch3/Ch4 2021) a chawsant eu dadansoddi i sicrhau bod cyd-destun y diwydiant yn cael sylw llawn.

Roedd y cyfweiliadau strwythuredig yn edrych ar y themâu allweddol canlynol. Mae'r cwestiynau a'r gwersi allweddol ar gyfer pob thema yn cael eu cyflwyno yn Atodiad 4:

- 1 Thema 1: Deall y dulliau presennol
- 2 Thema 2: Integreiddio llofoedd gwaith
- 3 Thema 3: Dadansoddi'r effaith ar llofoedd gwaith
- 4 Thema 4: Gwella llofoedd gwaith presennol

Mae arbenigeddau sector yr arbenigwyr a gyfwelwyd wedi'u disgrifio yn Nhabl 3 isod:

Tabl 3: Disgrifiad o gyfranogwyr y diwydiant a gyfwelwyd fel rhan o'r ymarfer ymgysylltu â'r diwydiant, a'u harbenigeddau.

Cyfranogwr/Arbenigwr y Diwydiant	Arbenigedd Diwydiant
Charlie Edwards o SSEN (mewn rhinwedd bersonol)	Dadansoddwr Rhwydwaith
Adrian Wright o Happy Energy	Cychwynnwr/Gwerthuswr Ôl-osod
Adriano Figueiredo o Fractal Networks	Cychwynnwr Ôl-osod/Rhwydwaith

Yn ogystal, mae'r set ganlynol o argymhellion, sy'n adeiladu ar yr enghreifftiau perthnasol o "Towards a protocol for metered energy" (Rathmell, Oreszczyn, Phillips, Thomas, a Jofeh, 2021) y GFI yn crynhoi dealltwriaeth bellach a gyflwynir yn Atodiad 4, fel sy'n deillio o gyfweiliadau strwythuredig yn ystod Ch3/Ch4 2021:

- a) Cyflwyno'r achos dros fesur effeithlonrwydd ynni a Thalu am Berfformiad
- b) Peilota a threalu'r dull gweithredu gyda chartrefi a rhanddeiliaid go iawn yn y DU
- c) Creu set ddata'r DU ar berfformiad effeithlonrwydd ynni, gan ddefnyddio technegau effeithlonrwydd ynni mesuredig i gynhyrchu amcangyfrifon o arbedion o gynlluniau blaenorol, a all wedyn ddylanwadu ar y gwaith o gynllunio ac uwchraddio ar draws gwahanol gynlluniau.

Dyma'r prif bwyntiau sy'n ymwneud ag achosion defnydd a dulliau gweithredu:

Gwerthuso Perfformiad Ôl-osod Anheddau Unigol (I'w ddefnyddio o fewn Safon PAS 2035/BSI):

- Mae dilysu ar safleoedd unigol yn arbennig o anodd. Fodd bynnag, gall newidiadau i'r polisi presennol newid lefel y cywirdeb sydd ei angen wrth i ôl-osod gael ei gyflawni ar raddfa fwy. Mae'n debygol y bydd lefel yr hyder i ddilysu ar safleoedd unigol yn deillio o faint o ddata hanesyddol eglur iawn sydd ar gael, a'r mesurau arbed ynni a ddefnyddir.
- Ni fyddai'r angen am gydlynedd ôl-osod PAS 2035 medrus yn cael ei negyddu gan y fethodoleg safonol hon. Gall y fethodoleg hon ganolbwyntio ar ddiffiniad clir o safonau data mewnbwn a digonolrwydd, gyda rôl dilysu data'n awtomataidd ar gyfer gwahanol lefelau o hyder neu ddefnyddio proffiliau achos defnydd.

- Mae mynediad at ddata mesuryddion clyfar yn dal yn rhwystr allweddol ar gyfer cyflawni'r gwaith o werthuso perfformiad ôl-osod anheddau unigol.

Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu a dilysu Gwasanaethau Rhwydwaith (Hyblygrwydd):

- Nid yw'r farchnad hyblygrwydd wedi cyrraedd digon o aeddfedrwydd eto ar lefel breswyl i ddefnyddio'r methodolegau safonol sy'n cael eu datblygu gan y prosiect hwn. Fodd bynnag, mae cofnodi newidiadau amser defnyddio yn berthnasol iawn i'r farchnad hon ac i farchnadoedd eraill, fel y farchnad capasiti rhwydwaith lle mae cyfyngiadau ar gridiau ar adegau pan fydd y defnydd ar ei uchaf. Felly, mae'r fethodoleg hon yn cynrychioli gwaith datblygiadol pwysig sydd ei angen i gefnogi dyfodiad marchnadoedd hyblygrwydd preswyl.
- Rhaid cyfateb y gwaith datblygiadol a wneir gan y prosiect hwn i newidiadau strwythurol mewn marchnadoedd hyblygrwydd a'r dulliau mesur a dilysu a ddefnyddir ganddynt, sy'n aml yn ôl-weithredol ac yn dibynnu ar lefelau uchel o fanylrwydd ystadegol. Ymysg y newidiadau strwythurol a godwyd roedd rolau gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu fel deiliaid a gosodwyr prisiau, a hynny fel cydlynwyr seilwaith a systemau.
- Dylai'r fethodoleg/methodolegau terfynol alluogi rheolwyr asedau i gwblhau gwerthusiad mewnol cywir y gellir ei archwilio, er mwyn i ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith allu adolygu hyn yn annibynnol. Dylai'r gwerthusiad hwn fod yn fanwl dros amser o hyd at 4 blynedd, ond dylai hefyd gadw costau trafodion ar lefel mor isel â phosibl. Gall cwmnïau cyn-cymhwyso a phortffolios asedau leihau costau trafodion ymhellach.
- Ochr yn ochr â newidiadau strwythurol a newidiadau mewn marchnadoedd, dylid datblygu lefel safonol o brawf, neu brawf profi, ar y cyd. Dylai'r prawf profi hwn gyd-fynd â datblygu marchnadoedd hyblyg deinamig, ond bydd angen ymgysylltu'n drylwyr â rhanddeiliaid i sicrhau nad yw unrhyw fanylrwydd mathemategol ychwanegol yn rhoi mantais annheg i asedau penodol.

O ganlyniad i'r dull hwn, mae'r prosiect wedi datblygu'r tri achos defnydd canlynol ar gyfer fframio ac integreiddio ein dulliau o fodelu a gwerthuso arbedion:

- Gwerthuso Perfformiad Ôl-osod Anheddau Unigol (I'w ddefnyddio o fewn Safon PAS 2035/BSI):** Yma, mae gan *Werthuswr Ôl-osod* ddiddordeb yn arbedion ynni (gydag effeithiau o ran cyllid ac allyriadau) anheddau unigol wedi'u hól-osod. Dim ond ar gyfer cyfrifo arbedion cost a charbon yn gywir y mae Amser Defnyddio yn bwysig yma. Mae cywirdeb gwerthusiadau unigol yn allweddol yma.
- Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu a dilysu Gwasanaethau Rhwydwaith (Hyblygrwydd):** Yma, mae gan *Ddadansoddwr Rhwydwaith* ddiddordeb mewn asesu a dilysu'r Gwasanaethau Rhwydwaith a ddarperir gan bortffolio o ymyriadau, gan gynnwys ond heb fod yn gyfyngedig i ohirio atgyfnerthu'r rhwydwaith, hyblygrwydd ochr y galw, sefydlogi amllder, ac ati. Mae Amser Defnyddio yn allweddol yma.
- Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu risgiau ac adenillion ar fuddsoddiad (gan lywio'r gwaith o dargedu a phrisio buddsoddiadau ymyrryd):** Yma, mae gan *Ddadansoddwr Ariannol* ddiddordeb yn yr arbedion ynni (gydag effeithiau o ran cyllid ac allyriadau) sy'n gysylltiedig â phortffolio o anheddau wedi'u hól-osod. Dim ond ar gyfer cyfrifo arbedion cost a charbon yn gywir y mae Amser Defnyddio yn bwysig yma. Mae cywirdeb gwerthusiadau portffolio yn allweddol yma, ac mae cywirdeb gwerthusiadau unigol yn eilradd.

Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu risgiau ac adenillion ar fuddsoddiad (gan lywio'r gwaith o dargedu a phrisio buddsoddiadau ymyrryd)

- Dylai'r fethodoleg/methodolegau terfynol ei gwneud yn bosibl cyfuno prosiectau yn uwch na maint lleiaf, p'un ai eu bod wedi'u cwblhau o'r gwrthbwysu neu drwy gyfuno amcangyfrifon arbedion. Dylid pennu'r maint defnyddiol lleiaf ar gyfer cyfuno mewn ymchwil dilynol.
- Mae angen dylunio ein methodoleg(au) safonol er mwyn iddynt allu darparu allbynnau defnyddiol i segmentau amrywiol o gwsmeriaid preswyl, gan gynnwys dulliau o ddarparu arbedion ariannol, tanwydd, ynni a charbon. Er gwaethaf pwysigrwydd arbedion carbon i rai segmentau o gwsmeriaid, ni ellir cysylltu'r amcangyfrifon arbedion hyn yn ddibynadwy â ffrydiau refeniw eto oherwydd diffyg marchnadoedd carbon gweithredol ar y raddfa breswyl.

Gellir cysylltu'r wybodaeth a gasglwyd drwy gydol y broses gyfweld, yn ystod Ch3/4 2021, yn uniongyrchol ag argymhellion papur gwyn "Towards a protocol for metered energy" y GFI, sy'n cael eu harchwilio'n fanylach yn Atodiad 3:

"Cyflwyno'r achos dros fesur Effeithlonrwydd Ynni a Thalu am Berfformiad"

- **Gellid addasu rôl y gweithredwr rhwydweithiau dosbarthu a'i strwythurau caffael/marchnad presennol i wella'r gwaith o ddarparu methodolegau arbed ynni mesuredig:** - O lefel yr arwyddocâd ystadegol sy'n ofynnol gan beirianwyr i hirhoedledd marchnadoedd, mae angen newidiadau i weithredwyr rhwydweithiau dosbarthu a'u strwythurau marchnad i alluogi modelau busnes effeithlonrwydd ynni mesuredig newydd. Drwy gyfuno dulliau hyblygrwydd â'r rheini ar gyfer mesur effeithlonrwydd ynni, gall gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu gyflymu'r gwaith o ddatblygu modelau busnes effeithlonrwydd ynni mesuredig wedi'u targedu'n ddaearyddol, sy'n arbennig o werthfawr yn y rhwydwaith foltedd isel. Fodd bynnag, bydd hyn yn gofyn am strwythurau marchnad newydd sy'n cefnogi pentyrru ffrydiau refeniw ar draws gwahanol haenau o'r rhwydwaith.
- **Dylid cydbwyso safbwynt y cwsmer ar effeithlonrwydd ynni ochr yn ochr â dulliau cywir o lunio llinell sylfaen i ddatgloi bylchau presennol a modelau busnes newydd:** - Dywedwyd nad yw safbwynt y cwsmer ar effeithlonrwydd ynni yn llai pwysig na safbwynt y gwerthuswr ôl-osod neu weithredwr y rhwydweithiau. Gall mantais y cwsmer o effeithlonrwydd ynni ddeillio o arbedion ariannol, ond gall gwelliannau i gysur fod yr un mor bwysig, os nad yn bwysicach, o safbwynt y cwsmer. Dylai'r angen i ystyried yr agweddau hyn gael ei gydbwyso â'r angen am ddulliau cywir o lunio llinell sylfaen, a bydd darparu'r rhain ochr yn ochr â dulliau rhagfynegi effeithlonrwydd ynni yn datgelu'r bylchau presennol heb wyro oddi wrth ddulliau busnes fel arfer. Gall y bylchau hyn gynnwys darparu modelau gwres fel gwasanaeth ac integreiddio arbedion mesuredig mewn ymyriadau tai cymdeithasol ar raddfa fawr.

Yn gyffredinol, cafodd ein dull dadansoddi ymyriadau ei ddilysu, ochr yn ochr â defnyddio amcangyfrifon arbedion tanwydd/carbon, rhywbeth y gellir ei ychwanegu at unrhyw ddadansoddiad arbed ynni o ystyried dwysedd allyriadau CO₂ a thariff ar y lefel angenrheidiol o fanylder.

Peilota a threalu'r dull gweithredu gyda chartrefi a rhanddeiliaid go iawn yn y DU

- Bydd yr Allbynnau a'r Canlyniadau a Ddymunir yn amrywio'n sylweddol ar draws cynulleidfaoedd, ond byddai'r system grid a'i phrosesau caffael ar gyfer lleihau'r galw yn elwa'n fawr ar gasglu a rhannu rhagor o ddata defnyddio.
- Mae'n debygol y bydd mesur arbedion ynni ar draws gwahanol fathau o gwsmeriaid yn amrywio'n fawr, gan ei gwneud hi'n anoddach dilysu ar safleoedd unigol. Fodd bynnag, bydd yr allbynnau a ddymunir hefyd yn amrywio ar draws gwahanol gynulleidfaoedd, gyda dim ond rhai achosion yn dibynnu ar ddilysu penodol i safle, a bydd gan lawer yn y gymuned gyllid ddi-ddordeb mewn disgrifiadau rhifol lefel uchel o adenillion ar lefel portffolio ar fuddsoddiad a risg. Er y gallai'r risg o ganlyniadau is na'r disgwyl wneud y gwaith o fesur arbedion ynni wedi'u normaleiddio ar safleoedd unigol yn anoddach, mewn sefyllfa ddomestig mae mwy o werth na dim ond ffrydiau refeniw neu enillion ariannol

Mae'r cyfiawnhad ariannol a ddefnyddir gan weithredwyr rhwydweithiau dosbarthu presennol yn llesteirio buddsoddiadau tymor canolig mewn effeithlonrwydd ynni

- Mae cyfiawnhad ariannol dros effeithlonrwydd ynni yn cael ei llesteirio y tu hwnt i orwelion amser tymor byr, oherwydd yr adenillion ar fuddsoddiadau a gyflwynir gan weithredwyr rhwydweithiau dosbarthu presennol, a all ddyfynnu adenillion o 6.5% dros 30 mlynedd. Fodd bynnag, mae'r buddsoddiadau hyn yn cael eu dadrisgio'n llwyr gan y cyhoedd, gan fod eu cost yn cael ei chymdeithasoli, gan gymell buddsoddiadau effeithlonrwydd ynni gyda phroffiliau adennill-risg mwy rhesymol. Byddai newid y cyfiawnhad neu ddarparu gwarant ar gyfer effeithlonrwydd ynni dros yr un cyfnod yn arwain at newid sylweddol mewn buddsoddiad, gan alluogi'r gweithredwr rhwydweithiau dosbarthu a'r gymuned ynni leol i ddadleoli buddsoddiad mewn rhwydweithiau cyfalaf i effeithlonrwydd ynni.

Creu set ddata'r DU ar berfformiad effeithlonrwydd ynni, gan ddefnyddio technegau effeithlonrwydd ynni mesuredig i gynhyrchu amcangyfrifon o arbedion o gynlluniau blaenorol, a all wedyn ddylanwadu ar y gwaith o gynllunio ac uwchraddio ar draws gwahanol gynlluniau.

Mae'r man cychwyn ar gyfer gwerthuso ôl-osod yn amrywio'n sylweddol yn ôl y gynulleidfa dan sylw

- Mae llawer o archwiliadau o hyblygrwydd/gostyngiad ochr y galw yn ôl-weithredol ac yn cael eu cychwyn dim ond pan fydd y rhwydwaith "yn rhagori ar ei bamedrau". Fodd bynnag, mae hyn yn cynnig rhywfaint o dderbyniad ar gyfer methodolegau a mannau cychwyn amrywiol, cyn belled â'u bod yn bodloni'r lefel gychwynnol o fanylder a'r lefel o fanylder sy'n ofynnol ar gyfer gwerthuso ôl-weithredol.

Dim ots beth yw'r man cychwyn ar gyfer gwerthuso ôl-osod, mae mynediad at ddata o ansawdd uchel yn allweddol

- Byddai dull nodweddiadol cychwynnwr prosiect yn dechrau gyda'r data, gan feintio'i'r defnydd o ynni, a'i berthynas â chapasiti rhwydwaith, yn enwedig o ran y cyfnod cynhyrchu uchaf a'r galw uchaf. Mae hyn yn arbennig o berthnasol i ymyriadau sy'n mynd i'r afael â'r galw a/neu'r cyfnod cynhyrchu uchaf, ac felly mae'r categoreiddio hwn yn gymharol arwyddocaol. Fodd bynnag, ar draws pob math o ymyriadau, efallai y bydd angen data hanesyddol, yn enwedig data gweddol eglur, i fesur effeithiau ôl-osod ar ynni. Felly, nodwyd bod angen gwneud gwaith ychwanegol i wneud data mesuryddion clyfar yn fwy hygyrch er mwyn gallu ei integreiddio mewn dulliau arbedion a fesurir. Os nad yw hyn yn bosibl, gall yr ateb fod ar ffurf atebion monitro amser real perchnogol, a allai ddarparu cywirdeb is ond gyda darpariaeth data llawer gwell.

- Ar hyn o bryd, nid oes modd cael gafael ar ddata mesuryddion clyfar ar gyfer llawer o gymwysiadau ymarferol, yn enwedig lle mae angen data ar raddfa fawr. Roedd y rhai a gyfwelwyd yn cynnig opsiwn arall drwy fonitro amser real, gan nodi bod yn well ganddynt ddata manwl (allbynnu bob eiliad) gyda llai o gywirdeb (+/- 1%) dros ddata hanner awr gyda mwy o gywirdeb (+/- 0.1%) ond mwy o oedi.

Casglu Data

Cael gafael ar ddata astudio addas

Ar ddechrau'r prosiect, rhagwelwyd y byddai Rhaglen ôl-osod er mwyn Optimeiddio (ORP) Llywodraeth Cymru (Llywodraeth Cymru, 2021) yn darparu data priodol ac amserol a gasglwyd cyn ac ar ôl gwaith gwella, er mwyn profi'r dulliau modelu rhagfynegol sy'n cael eu hymchwilio a'u datblygu o bosibl drwy'r prosiect Arbedion Ynni Mesuredig yn erbyn y data hwn. Daeth yn amlwg yn fuan bod pandemig Covid-19 yn drysu'r amserlenni cyflawni ar gyfer yr ORP felly penderfynodd tîm y prosiect ymchwilio ac adolygu setiau data eraill sy'n bodoli eisoes a rhai sy'n dod i'r amlwg gyda'r amcan o nodi setiau data y gellid eu defnyddio i werthuso'r dulliau modelu a ddewiswyd o fewn amserlen y prosiect.

Lluniwyd rhestr o ofynion data, gyda rhai gofynion yn angenrheidiol dim ond o dan amgylchiadau neu achosion defnydd penodol. Adolygwyd rhestr hir o setiau data yn erbyn y rhestr gofynion ac, er bod rhai setiau data addas wedi'u nodi, nid oedd llawer ohonynt yn bodloni'r gofynion am amrywiaeth o resymau.

Mae hyn yn codi gwersi gwerthfawr bod data o wahanol ffynonellau yn aml yn anghydnaws a bod setiau data a allai fod yn werthfawr yn gallu methu drwy beidio â chasglu un neu ddwy o elfennau data, yn enwedig os na chafodd defnydd ehangach posibl o ddata ei ystyried ar y dechrau. Mae rhwystrau pellach yn codi o wahaniaethau yn y fformat a'r strwythurau y cedwir data ynddynt, gan wneud y dasg o gyfuno, neu drosglwyddo data o un defnydd (model) i un arall, yn ddiflas ac yn ddwys o ran adnoddau. Mae'r Safon Brydeinig a gyhoeddwyd yn ddiweddar ar werthuso perfformiad adeiladau, BS 40101: 2022 [4], yn mynd i'r afael â'r angen hwn am gydnawsedd ar draws data adeiladau, ei enwi a'i strwythuro, ac mae'n nodi gofynion a fydd yn sicrhau bod rhwystrau o'r fath i drosglwyddo, cyfuno ac aildefnyddio data yn cael eu lleihau'n ddramatig yn y dyfodol.

Argymhellir mabwysiadu dull cyffredin o gofnodi, strwythuro a chadw perfformiad ynni a data adeiladu cysylltiedig. (Mae BS 40101 yn darparu sail ar gyfer hyn).

Drwy ddefnyddio'r fanyleb ar gyfer Safon BPE BS 40101 o dan BS 40101, bydd data o ansawdd a manylder digonol, a dros ddigon o amser i fod yn gydnaws â'r dulliau a'r modelau a archwiliwyd o dan y prosiect MES, yn cael ei gasglu.

Dyma restr o'r gofynion data sylfaenol a luniwyd i'w defnyddio wrth ymchwilio i ddulliau modelu arbedion ynni mesuredig:

- Yr annedd astudio i fod yn y DU er mwyn sicrhau bod stoc ddomestig y DU yn cael ei chynrychioli i'r eithaf
- Y defnydd o nwy a thrydan sydd ei angen pan ddefnyddir y ddwy ffynhonnell ynni
- Angen data ynni wedi'i fesur/monitro bob awr neu'n fwy manwl
- Data i fod o 'ansawdd da' (hy dim bylchau mawr mewn darlleniadau) dros gyfnod o 12 mis o leiaf ar gyfer hyfforddi'r model
- Angen data o ansawdd da dros gyfnod o 4 mis o leiaf (12 mis yn ddelfrydol) ar ôl y cyfnod hyfforddi er mwyn gwerthuso'r model (i gynrychioli cyfnod ar ôl yr ymyriad)
- Naill ai tymheredd allanol cyflawn fesul awr dros y cyfnod data defnydd cyfan, NEU ddata lleoliad digon manwl i gael amcangyfrif da o hynny gan MERRA 2 (y Swyddfa Fodelu a Chymharu Fyd-eang (GMAO), 2022)

- Rhaid i'r data fod ar gael i dîm y prosiect at ddibenion ymchwil

Cafodd y set hon o ofynion sylfaenol ei diffinio'n fwiadol i gyd-fynd â'r hyn y gellid disgwyl yn rhesymol iddo fod ar gael o eiddo nodweddiadol yn y DU sydd â mesurydd clyfar cyn ei ôl-osod. Mae'n debygol y byddai data mwy manwl yn caniatáu modelu mwy soffistigedig/cywir o arbedion ynni, ond y byddai'n annhebygol o fod ar gael cyn yr ymyriad ar gyfer y rhan fwyaf o eiddo.

Cynhaliwyd ymchwiliadau ar draws y sector, drwy gysylltiadau, rhaglenni hysbys a chwiliadau llenyddiaeth, i ddod o hyd i setiau data a allai fod yn addas. Un canfyddiad sy'n werth tynnu sylw ato yma yw nad oes un gofrestr na rhestr o ddata am berfformiad adeiladau neu ynni, rhag ofn bod ymarfer o'r fath yn cael ei ailadrodd gan grwpiau eraill sy'n ceisio dod o hyd i ddata o'r fath at amrywiaeth o ddibenion. Byddai cofrestr ganolog o setiau data, hyd yn oed os mai dim ond am gost y mae'r rhain ar gael, o fudd i alluogi datblygiadau ym mhob agwedd ar wybodaeth am berfformiad adeiladau.

Argymhellir bod cofrestr ganolog o setiau data gyda disgrifiadau sy'n cynnwys y math o ddata a gynhwysir ac unrhyw ofynion mynediad yn cael ei sefydlu a'i chynnal gan sefydliad pwrpas cyhoeddus (ee Energy Systems Catapult neu'r Building Performance Network)

Felly, mae ffynonellau data a adolygwyd ar gyfer y prosiect hwn wedi'u rhestru isod, yn rhannol i helpu'r rheini sy'n ceisio dod o hyd i setiau data at ddibenion tebyg:

Tabl 4: Crynodeb o'r setiau data a nodwyd yn y prosiect hwn, ynghyd â disgrifiad o'u hargaeledd adeg ysgrifennu'r adroddiad.

Set Ddata	Dolen URL	Disgrifiad
Y Rhaglen Ôl-osod er mwyn Optimeiddio	Dolen yma	Data ddim ar gael o fewn amserlen y prosiect
Set Ddata Ynni Cartrefi IDEAL	Dolen yma	Rhywfaint o ddata addas
Ôl-osod ar gyfer y Dyfodol	Dolen yma	Rhywfaint o ddata addas
Labordy Byw	Dolen yma	Rhywfaint o ddata addas a rhagor yn cael ei gasglu wrth i amser fynd yn ei flaen
Labordy Ymchwil Ynni Clyfar (SERL)	Dolen yma	Ar gael i academyddion yn unig, gyda phrosesau llym/hir ar gyfer cymeradwyo defnydd newydd
Ymchwil tai cymdeithasol ar ynni o ddata Cymru (SHREWD)	Dolen yma	Rhan o'r rhaglen SERL. Data heb ei gasglu dros gyfnod digonol eto chwaith
Trustmark	Dolen yma	Data addas heb ei gasglu ar hyn o bryd
Energiesprong UK	Dolen yma	Data ddim ar gael
SuperHomes	Dolen yma	Data ddim yn ddigon manwl ar hyn o bryd
Mesuryddion clyfar yn Llundain	Dolen yma	Trydan yn unig
Kaggle Great Energy Predictor III	Dolen yma	Eiddo masnachol yn unig

Heriau o ran addasrwydd a hygyrchedd

Cafodd y rhaglenni y nodwyd eu bod yn debygol o fod â data addas a setiau data eraill a nodwyd drwy chwilio drwy lenyddiaeth eu beirniadu yn erbyn y gofynion a luniwyd ar gyfer y prosiect Arbedion Ynni Mesuredig. Nodwyd nifer o heriau ar draws yr ystod o ffynonellau data posibl, gan gynnwys:

1. Roedd monitro'r defnydd o drydan yn gyffredin, ond roedd nwy yn brin – sy'n arbennig o berthnasol yn yr achos defnydd tebygol iawn o newid o foeler nwy i bwmp gwres neu wres trydan arall.
2. Nid yw'n anghyffredin monitro'r defnydd ar ôl gwaith ôl-osod ond mae'n anghyffredin monitro am flwyddyn cyn gwaith ôl-osod, yn enwedig bob awr.
3. Mae mynediad at ddata Mesuryddion Clyfar yn gyfyngedig, oherwydd cyfreithiau diogelu data personol, yn ogystal â heriau mynediad ymarferol o ran casglu data ar raddfa fawr.
4. Mae lleoliad eiddo yn aml yn cael ei olygu mewn setiau data neu'n cael ei gyffredinoli i'r graddau ei fod yn rhy fras i gael data tymheredd digon cywir gan MEERA2 (GMAO, 2022).
5. Yn aml, nid yw data tymheredd ar y safle yn cael ei gofnodi neu mae'n cael ei gofnodi heb ansawdd digonol (ee bylchau mawr).
6. Gallai SERL fod yn addas ond mae'n anodd cael gafael arno oherwydd y cyfyngiadau ar ddefnydd ac amserlenni ar gyfer adolygu.
7. Roedd llawer o setiau data eiddo unigol yn cynnwys data o ansawdd gwael a dros fis o ddata coll, cyfnodau lluosog o ddata coll dros wythnos, neu gyfran isel o ddarllenadau disgwylidig. (Cafodd llawer o eiddo unigol eu tynnu o'r set o ddarpar eiddo 'addawol' yn y setiau data a ddefnyddiwyd yn y pen draw).
8. Dywedodd rhai ffynonellau/prosiectau fod ganddynt ddata addas, ond gan gyfaddef nad oedd ganddynt hynny ar gyfer nifer uchel o eiddo, ac nid ar ffurf y gallent ei hechdynnu a'i rhannu'n hawdd. Felly, argymhellir bod prosiectau yn y dyfodol sy'n gofyn am gydosod setiau data yn cynnwys lwfans cyllido bach y gellir ei ddefnyddio i ad-dalu darparwyr trydydd parti am gost yr ymdrech weinyddol wrth ddarparu setiau data o'r fath.
9. Roedd data manylach na data mesuryddion clyfar bob hanner awr hyd yn oed yn llai cyson o ran fformat, cynnwys ac ansawdd.

Argymhellir bod prosiectau yn y dyfodol sy'n gofyn am gydosod setiau data yn cynnwys lwfans cyllido bach y gellir ei ddefnyddio i ad-dalu darparwyr trydydd parti ddata am gost yr ymdrech weinyddol wrth ddarparu setiau data o'r fath.

Ar ôl beirniadu'r ffynonellau sydd ar gael, nodwyd 42 eiddo gyda data addas, ar draws amrywiaeth o fathau o dai a demograffeg yn y DU. Roedd y rhain yn dod o bortffolios y Labordy Byw, IDEAL Homes, ac Ôl-osod ar gyfer y Dyfodol.

Paratoi a Glanhau Data

Ar ôl dod o hyd i eiddo addas, cafodd y data ar gyfer pob un ei baratoi a'i lanhau. Roedd hyn yn cynnwys:

1. Tynnu darllenadau dyblyg (tybir eu bod yn wallau ail-drosglwyddo)

2. Trosi stampiau amser yn UTC os oes angen (hy cael gwared ar amser arbed golau dydd)
3. Cydgasglu data i lefel bob awr (gan fod ffynonellau data yn amrywio mewn manylder rhwng 1 a 15 munud a bod y modelau dan sylw yn gweithio ar lefel bob awr)
4. Trosi'r defnydd o nwy mewn m^3 yn kWh (lle bo'n briodol) gan ddefnyddio ffactor cywiro cyfaint o 1.02264 a gwerth caloriffig o 40
5. Llenwi cyfnodau byr o werthoedd coll gyda gwerthoedd cyson (gan ddefnyddio rhyngosodiad llinol o ddarlleniadau cronus mesuryddion)
6. Disodli'r allanolynnau (<0 kWh a >20 kWh o fewn un awr) gyda 0

Sylwer: Mae dulliau mwy soffistigedig o ddelio â phob un o'r materion hyn ar gael ac efallai y bydd eu hangen mewn achosion lle mae ansawdd y data'n wael. Fodd bynnag, cafodd y rhestr o eiddo ei hidlo'n fwriadol i'r rhai â data o ansawdd cymharol uchel lle roedd dim ond angen glanhau data'n syml er mwyn i berfformiad y modelau gael ei brofi ar set ddata 'achos gorau' cyn cael ei gymhlethu o bosib drwy gael ei brofi gydag ansawdd data gwael.

Modelu a Dadansoddi

Y Broses Werthuso a'r Meini Prawf

Er mwyn i sefyllfa wrthffeithiol wedi'i modelu fod yn ddefnyddiol ar gyfer amcangyfrif arbedion ynni, mae angen iddi fod yn ddigon cywir i sicrhau bod y gwahaniaeth a welir rhwng y sefyllfa wrthffeithiol a'r gwir werthoedd mesuredig ar ôl ymyriad yn gallu cael ei briodoli'n rhesymol i'r ymyriad (yn hytrach na gwall yn y model).

Mae ASHRAE yn diffinio meini prawf ar gyfer hyn (Canllaw 14-2014, Measurement of Energy and Demand Savings), sydd wedi cael eu mabwysiadu ar gyfer yr adroddiad hwn: "Bydd gan y model cyfrifiadurol NMBE o 5% a CV(RMSE) o 15% o'i gymharu â data graddnodi misol. Os defnyddir data graddnodi fesul awr, bydd y gofynion hyn yn 10% a 30% yn y drefn honno".

Yma, mae NMBE yn cyfeirio at Wall Tuedd Cymedr wedi'i Normaleiddio (Normalised Mean Bias Error), sef mesur a yw'r model yn rhagfynegi'r defnydd o ynni yn rhy uchel neu'n rhy isel yn gyson. Mae gwerth sy'n fwy na +/-10% yn dangos bod y model, yn gyffredinol, yn rhagfynegi'r defnydd o ynni yn rhy uchel o dros 10%. Mae'r metrig hwn yn ddefnyddiol ar gyfer edrych ar duedd gyffredinol yn y model, ond oherwydd bod gwallau positif a negatif yn gallu canslo ei gilydd, nid yw'n ddigonol asesu cywirdeb y model ar ei ben ei hun. Dyma ddiffiniad NMBE:

$$NMBE = \frac{\sum(\hat{y}_i - y_i)}{(n - 1)} / \bar{y}$$

Ile mai \hat{y}_i yw'r sefyllfa wrthffeithiol ar gyfer adeg benodol, y_i yw'r gwerth a welir, \bar{y} yw'r defnydd cymedrig a welir, ac n yw nifer y cyfnodau amser yn y data.

Mae CV(RMSE) yn cyfeirio at Gyfernod Amrywiad y Gwall Isradd Sgwâr Cymedrig, sy'n mesur pa mor fawr yw'r gwallau yn y model tra'n anwybyddu cyfeiriad y gwall, ac yn cosbi gwallau mawr yn fwy na rhai bach. Mae hyn yn rhoi gwell dealltwriaeth o ba mor agos yw gwerthoedd wedi'u modelu i'r gwerthoedd go iawn ar gyfer pob awr. Mae CV(RMSE) isel (<30%) yn dangos bod y model yn ffitio'r ffigurau fesul awr yn gymharol dda.

$$CV(RMSE) = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n - 1}} / \bar{y}$$

Er mwyn gwerthuso cywirdeb y modelau, defnyddiwyd 42 eiddo heb ymyriad. Defnyddiwyd y 12 mis cyntaf o ddarlleniadau mesuryddion ar gyfer pob eiddo i hyfforddi model, a defnyddiwyd y misoedd a oedd yn weddill i werthuso'r sefyllfa wrthffeithiol yn erbyn darlleniadau mesuryddion gwirioneddol. Gan nad oedd unrhyw ymyriad wedi'i gynnal, roedd modd priodoli'r gwahaniaeth rhwng y sefyllfa wrthffeithiol a'r darlleniadau mesuryddion gwirioneddol i wallau model yn unig.

Dewis Model

Dyma'r modelau a ddewiswyd ar gyfer y dadansoddiad cychwynnol:

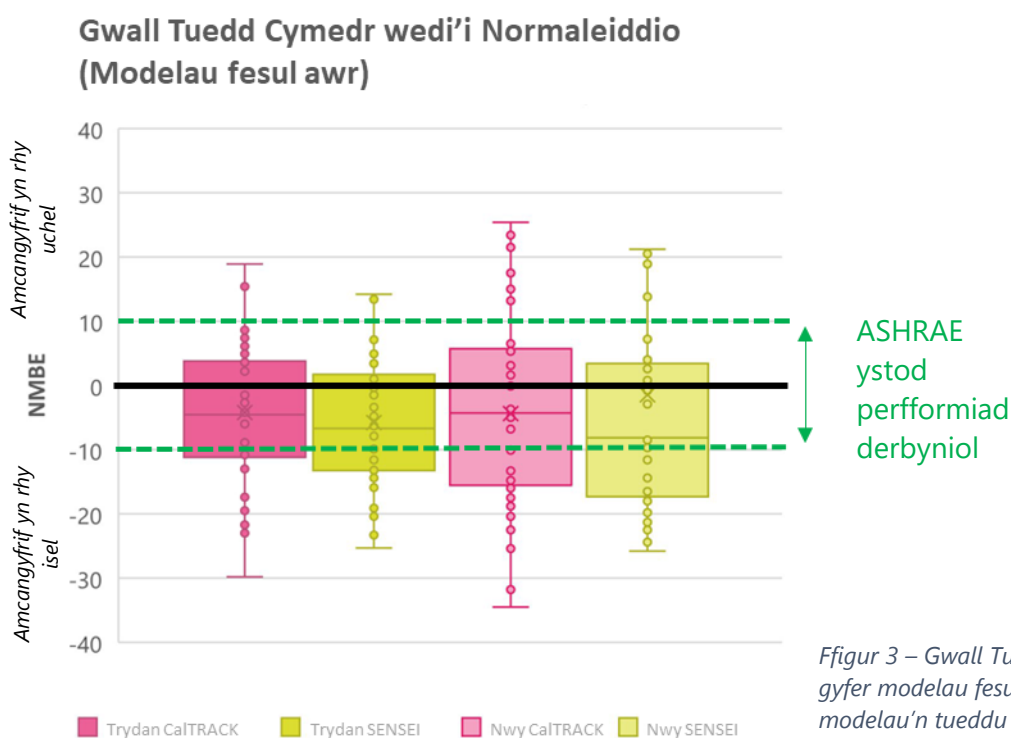
- CalTRACK (TOWT), ar y sail ei fod eisoes yn cael ei ddefnyddio'n eang ar gyfer eiddo masnachol, ei fod yn syml ac yn hawdd ei ddehongli, a bod ganddo weithrediad ffynhonnell agored sy'n bodoli eisoes
- SENSEI, ar y sail ei fod yn cynnig dull seiliedig ar y gyflyrau a allai ymdrin â deiliadaeth yn well na CalTRACK, ei fod yn dal yn gymharol hawdd ei ddehongli, a bod ganddo weithrediad ffynhonnell agored sy'n bodoli eisoes

Sylwch fod y ddau fodel wedi'u cynllunio i weithio gyda data fesul awr, yn hytrach na'r data hanner awr sydd ar gael drwy fesuryddion clyfar.

Argymhelliad: Gallai ymestyn y modelau presennol i weithio gyda data hanner awr fod yn ddymunol ar gyfer achosion defnydd yn y DU lle mae tariffau ac allyriadau CO2 ar gael (neu y byddant ar gael) fesul hanner awr.

Perfformiad y Modelau sy'n Bodoli Eisoes

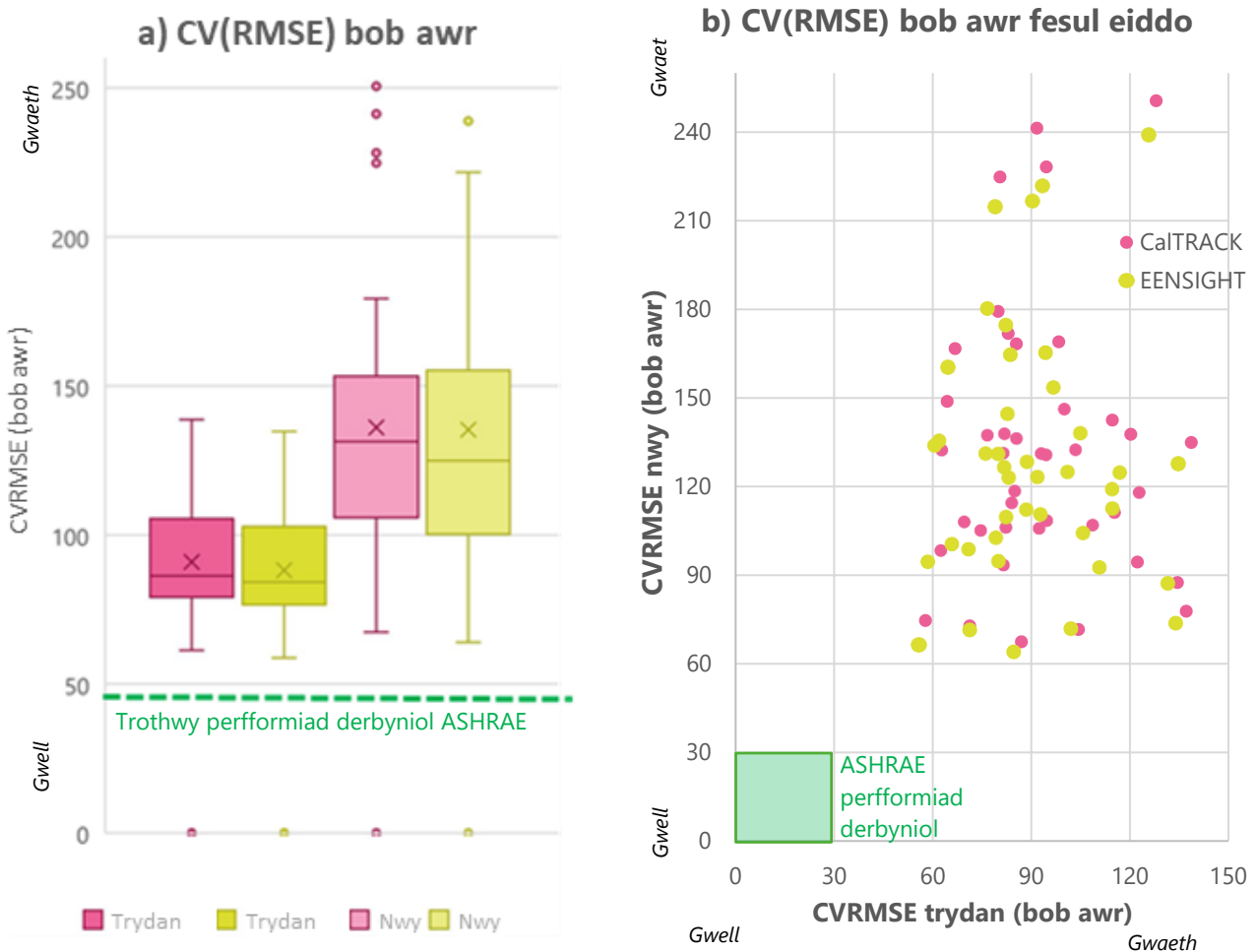
Dangosodd dadansoddiad o fodelau CalTRACK a SENSEI eu bod fel arfer yn rhagfynegi'r defnydd o ynni ar gyfer nwy a thrydan yn rhy isel (gweler Ffigur 3). Roedd y rhagfynegiad hwn yn aml yn sylweddol rhy isel, gyda llai na 65% o eiddo o fewn yr ystod NMBE derbyniol a ddiffinnir gan ASHRAE.



Ffigur 3 – Gwall Tuedd Cymedr wedi'i Normaleiddio ar gyfer modelau fesul awr – ar gyfartaledd mae'r modelau'n tueddu i ragfynegi'r defnydd o ynni yn rhy isel

Roedd cywirdeb fesul awr y modelau – fel y'i mesurir gan CV(RMSE) – ymhell y tu allan i ganllawiau ASHRAE ar gyfer modelau a thanwyddau (gweler Ffigur 4). Nid oedd un eiddo lle roedd y modelau'n bodloni'r canllawiau ar gyfer naill ai nwy neu drydan – mewn gwirionedd roedd gan yr eiddo gorau werthoedd CV(RMSE) tua dwbl y canllaw. Mae hyn yn dangos yn gryf bod y methodolegau modelu hyn yn sylfaenol annigonol ar gyfer mesur a dilysu fesul awr mewn eiddo domestig.

Yn benodol, roedd y CV(RMSE) ar gyfer nwy yn llawer gwaeth nag ar gyfer trydan – sy'n awgrymu bod asesu perfformiad ymyriadau sy'n ymwneud â nwy (ee gwresogi) yn cyflwyno lefel ychwanegol o her.



Ffigur 4 – Mae'r CV(RMSE) bob awr a ddangosir ar gyfartaledd (a) ac ar gyfer pob eiddo (b) yn dangos bod y ddau fodel ymhell y tu allan i'r ystod dderbyniol

Dadansoddiad o'r rhesymau sylfaenol pam mae modelau'n perfformio'n wael

Ar ôl sefydlu bod modelau sy'n bodoli eisoes yn perfformio'n wael, cynhaliwyd dadansoddiad i archwilio'r rhesymau posibl am hyn er mwyn penderfynu pa atebion sy'n debygol o fod yn fwyaf effeithiol.

Ar lefel uchel mae tri phrif reswm pam y gallai'r modelau berfformio'n wael:

Gwybodaeth annigonol: Mae'n bosibl bod y wybodaeth sydd yn y data sydd ar gael (defnydd bob awr yn y gorffennol a thymheredd allanol) yn sylfaenol annigonol i ragfynegi'r defnydd o ynni i'r cywirdeb gofynnol. Er enghraifft, efallai na fydd gan gartrefi arferion llym sy'n seiliedig ar amser sy'n newid gyda thymheredd yn unig – efallai y bydd ffactorau mwy cymhleth yn dylanwadu arnynt neu hyd yn oed bod ganddynt arferion cymharol ddistrywthur. Os felly, bydd gwell cywirdeb yn dibynnu i raddau helaeth ar ychwanegu ffynonellau data newydd.

Tanffitio: Mae patrymau ymddygiad digonol yn bodoli yn y data i sicrhau'r cywirdeb gofynnol, ond nid yw'r modelau sy'n bodoli eisoes yn gallu eu nodi'n effeithiol. Os felly, gellid sicrhau gwell cywirdeb gyda modelau gwell (a allai fod yn fwy soffistigedig) neu o bosibl drwy ddefnyddio'r un data mewn meintiau mwy.

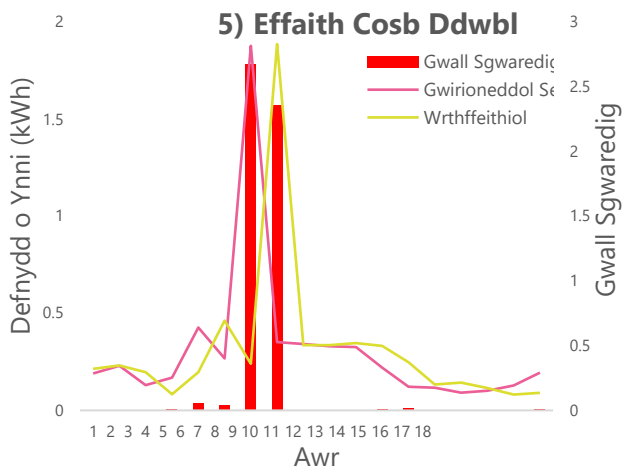
Gorffitio: Mae patrymau ymddygiad digonol yn bodoli yn y data i sicrhau'r cywirdeb gofynnol, ond mae'r modelau'n ffithio i amrywiadau ar hap yn ogystal â'r patrymau hyn (neu yn eu lle). Os felly, gellid gwella cywirdeb drwy raddnodi'r modelau sy'n bodoli eisoes yn fwy gofalus neu ddefnyddio modelau newydd sy'n llai tebygol o orffitio.

Mae dadansoddiad o ganlyniadau a methodolegau'r modelau yn awgrymu nad yw gorffitio yn broblem yn yr achos hwn, ac mai gwybodaeth annigonol yw'r prif reswm dros berfformiad gwael y model (a bod tanffitio yn cyfrannu ychydig o bosibl).

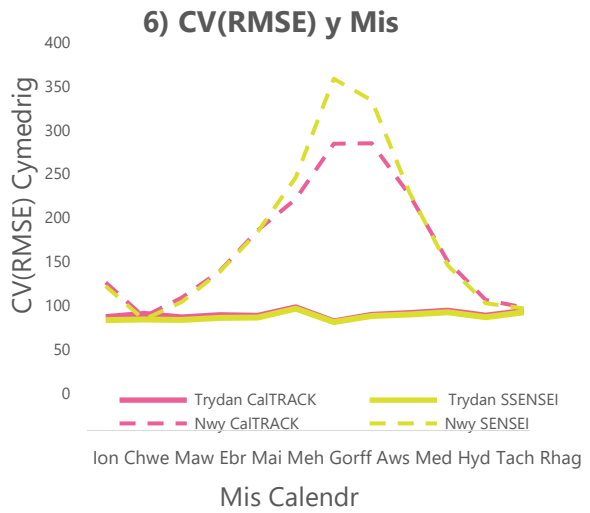
Effaith Cosb Ddwbl

Pan fydd y defnydd o ynni'n newid yn gymharol araf o awr i awr, mae'r union awr y rhagfynegi'r y bydd brig neu gafn yn cael effaith gymharol fach ar fetrigau gwall modd pwyntiau traddodiadol, gan fod gan oriau cyfagos werthoedd tebyg. Fodd bynnag, mae'r defnydd o ynni domestig (yn enwedig ar gyfer nwy) yn aml yn cynyddu llawer yn sydyn mewn oriau penodol – er enghraifft ar gyfer coginio. Felly, mae angen i'r model ragfynegi maint ac amseriad pob cynnydd sydyn – neu 'bigyn' – yn gywir.

Yn ymarferol, mae'r pigynnau hyn yn aml yn amrywio ychydig o ran amseriad wrth i ymddygiad preswylwyr newid, ac os ydynt yn digwydd awr yn gynharach (neu'n hwyrach) na'r hyn a fodelwyd, mae'r model yn cael ei gosbi ddwywaith – unwaith am ragfynegi defnydd yn rhy isel yn ystod yr awr y digwyddodd, ac unwaith am ragfynegi defnydd yn rhy uchel yn yr awr cyn neu ar ôl (gweler Ffigur 5). Gelwir hyn yn 'effaith cosb ddwbl'.



Ffigur 5 – Mae cam-ragfynegi'r brig o un awr yn cael ei gosbi ddwywaith yn y metrig gwall



Ffigur 6 - Mae CV(RMSE) y mis yn dangos ei bod yn anoddach modelu'r defnydd o nwy yn yr haf (sy'n fwy ysbeidiol) Sylwer mai dim ond cartrefi oedd â data dros gyfnod yr haf oedd yn cael eu cynnwys.

O ganlyniad i hyn, mae'r modelau sy'n cael eu hyfforddi gan ddefnyddio metrigau gwallau traddodiadol yn cael eu cymell i osgoi rhagfynegi cyfnodau brig sydyn (oni bai eu bod yn digwydd yn gyson iawn). Yn hytrach, bydd y modelau'n tueddu i ledaenu'r defnydd o'r brig hwnnw dros y llond llaw o oriau pan fydd yn digwydd fel arfer – neu osgoi rhagfynegi brig yn gyfan gwbl os yw'n digwydd yn achlysurol. Ceir tystiolaeth o'r effaith hon yng nghyfernod amrywiadau rhagfynegiadau'r model, sydd fel arfer 25-45% yn llai na'r rhai yn y data a welir, sy'n dangos llawer llai o amrywiad (hy llai o bigynnau) yn y rhagfynegiadau.

Mae hyn yn debygol o fod yn ffactor hefyd yn nhueddiad y modelau i amcangyfrif y defnydd cyffredinol o ynni yn rhy isel, fel y gwelir wrth fodelu'r anheddau a ddewiswyd. Os yw'r modelau'n osgoi rhagfynegi cyfnodau brig achlysurol (neu'n rhagfynegi cyfnodau brig yn rhy isel yn gyffredinol), bydd y defnydd cyffredinol yn is – yn enwedig os bydd cyfran sylweddol o'r defnydd yn deillio o gyfnodau brig achlysurol.

Goblygiad allweddol cyntaf hyn yw bod pob model sy'n cael ei hyfforddi gan ddefnyddio metrigau gwall modd pwyntiau traddodiadol (ee Gwall Absoliwt Cymedrig (MAE) a Gwall Isradd Sgwâr Cymedrig (RMSE)) ar setiau data lle nad oes gwybodaeth ddigonol i ragfynegi'r cyfnodau brig yn gywir yn dioddef o'r effaith hon, ac felly maent yn tueddu i gynhyrchu amcangyfrifon sy'n llyfnu'r cyfnodau brig. Mae hyn yn gwneud y modelau sy'n bodoli eisoes yn arbennig o anaddas ar gyfer achosion defnydd sy'n ymwneud ag amcangyfrif y defnydd uchaf.

Y goblygiad allweddol arall yw y bydd modelau'n perfformio'n waeth ar ddata gyda defnydd ysbeidiol, pigog (sy'n nodweddiadol o nwy) o'i gymharu â defnydd parhaus. Gellir gweld hyn yn y ffaith er bod perfformiad modelau ar gyfer trydan yn gymharol gyson dros y tymhorau, mae perfformiad nwy yn sylweddol waeth yn yr haf nag yn y gaeaf (gweler Ffigur 6). Y rheswm am hyn yw mai'r achos pennaf dros ddefnyddio nwy yn yr haf yw dŵr poeth a choginio, sy'n achosi pigynnau achlysurol, ac mai'r achos pennaf, yn gyffredinol, dros ddefnyddio nwy yn y gaeaf yw gwres (mwy llyfn).

Mesur pigynnau

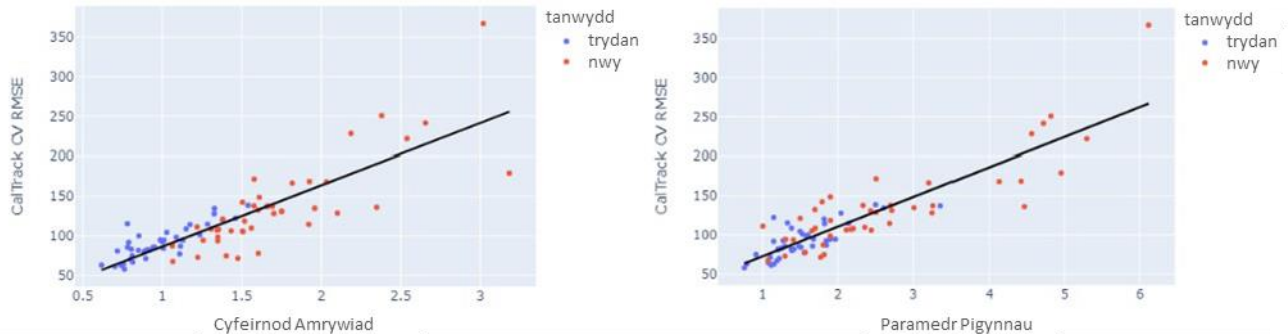
Gan fod disgwyl i natur bigog y data wneud gwahaniaeth sylweddol i'r gallu i'w fodelu, gall metrigau sy'n mesur pigynnau fod yn ddefnyddiol wrth asesu'n gyflym pa mor debygol yw hi y gellir dod o hyd i fodel da ar gyfer unrhyw eiddo penodol.

Y metrig cyflym a hawdd (a ddefnyddiwyd uchod) yw'r cyfernod amrywiad (CoV). Diffinnir hyn fel cymhareb y gwriad safonol a chymedr y data. Fodd bynnag, a bod yn fanwl gywir, mae hyn yn mesur yr amrywiad yn y data yn hytrach na'r natur bigog, ac felly gall fod yn gamarweiniol weithiau.

Gellir diffinio mesur mwy cadarn o natur bigog fel y Paramedr Pigynnau, S , sef ar gyfer set o ddata wedi'i wahanu'n gyfartal y yw:

$$S = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum ((y_{i+1} - y_i) - (y_i - y_{i-1}))^2}}{\bar{y}}$$

Yma n yw nifer y pwyntiau yn y . Sylwer bod y diffiniad hwn wedi'i ddatblygu o'r brasamcan mathemategol cyffredin o lyfnder cromlin fel rhan annatod o'r ail ddifferyn, ond gyda normaleiddio yn ôl y cymedr er mwyn iddo ddilyn ffurf debyg i CV(RMSE). Yn ymarferol, gellir gwneud y cyfrifiadau hyn yn rhifiadol ar gyfer set ddata benodol, ac mae cod ffynhonnell agored i wneud hynny ar gael [yma](#) (Young, 2022).



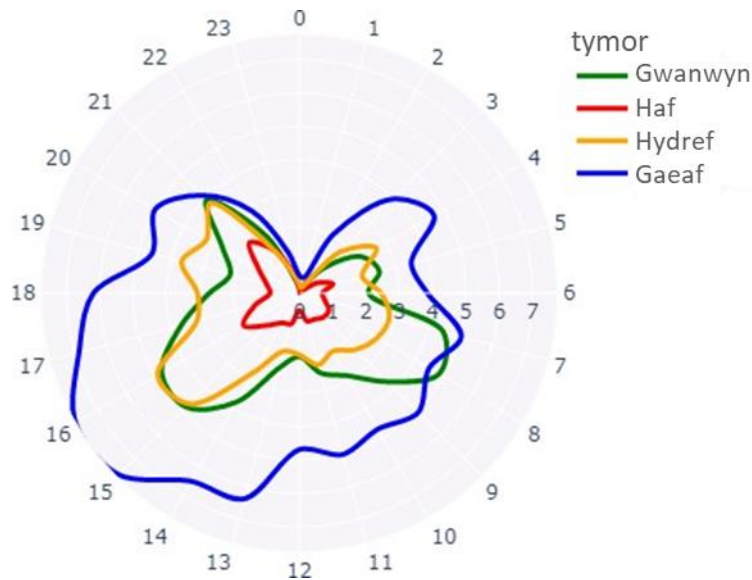
Ffigur 7 CalTRACK CV(RMSE) vs Cyfeirnod Amrywiad a pharamedr pigynnau y data hyfforddi. Mae'r atchweliadau llinol a ddangosir ar gyfer y ddau ddanwydd gydag R^2 0.71 a 0.78 ar gyfer CoV a pharamedr pigynnau yn y drefn honno.

Mae Ffigur 7 yn dangos bod natur bigog y data hyfforddi fel y'i mesurir gan y naill fetrig neu'r llall yn rhagfynegydd rhesymol dda o CV(RMSE) ar gyfer y model CalTRACK sydd wedi'i hyfforddi ar y data hwnnw. Sylwer, yn ôl y disgwyl, mae eithafion data pigog yn deillio o nwy yn hytrach na thrydan. Mae'r Paramedr Pigynnau yn cael ei ffafrio oherwydd, er ei fod yn fwy cymhleth, mae'n fwy cywir o ran theori ac mae'n perfformio ychydig yn well. Mae hefyd yn ymddangos ei fod yn fwy tebygol o roi sgôr tebyg i nwy a thrydan sydd â CV(RMSE) tebyg, a fyddai'n ei gwneud yn haws diffinio trothwy sy'n gyson ar draws y ddau ddanwydd.

Delweddu patrymau yn y defnydd o ynni

Cwestiwn allweddol yw a oes gwybodaeth ddigonol yn y data sydd ar gael (defnydd bob awr a thymheredd allanol) i fodelu defnydd yn gywir. Mae ateb y cwestiwn hwn am ddata cyfres amser ynni yn heriol oherwydd mae potensial i batrymau cymhleth o ddefnydd ynni fodoli ar amrywiaeth o wahanol lefelau amser – tymor/mis, diwrnod o'r wythnos ac adeg o'r diwrnod (neu gyfuniadau o'r rheini).

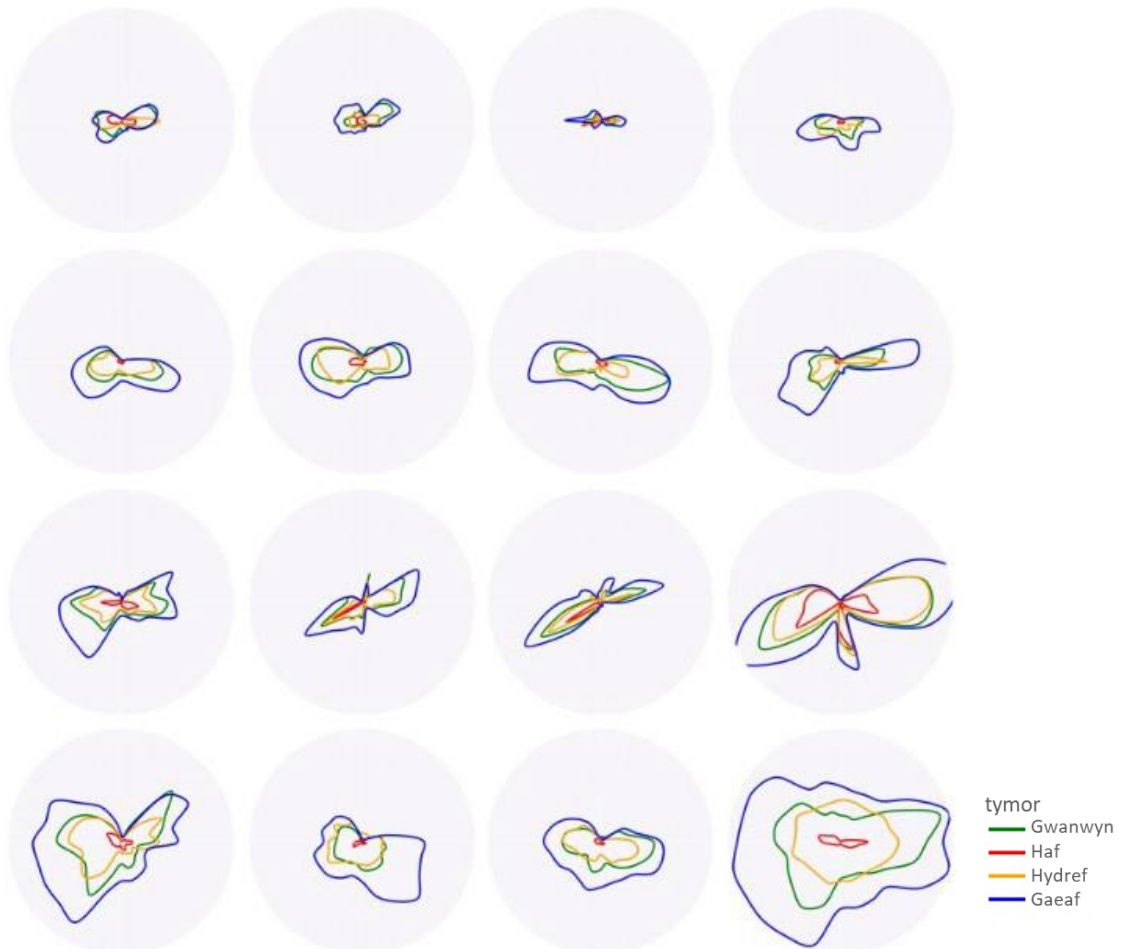
Er mwyn archwilio'r rheini'n fwy effeithiol – yn enwedig adeg o'r diwrnod – datblygwyd math newydd o ddelweddu, a elwir yn Blot Cloc. Mae hyn yn plotio'r defnydd o ynni ar wyneb cloc crwn 24 awr a gall gynrychioli'n weledol newidiadau mewn patrymau defnyddio ar draws dimensiynau eraill – er enghraifft tymor (gweler Ffigur 8).



Ffigur 8 – Defnydd cyfartalog o nwy tymhorol fesul awr o'r diwrnod ar gyfer un eiddo

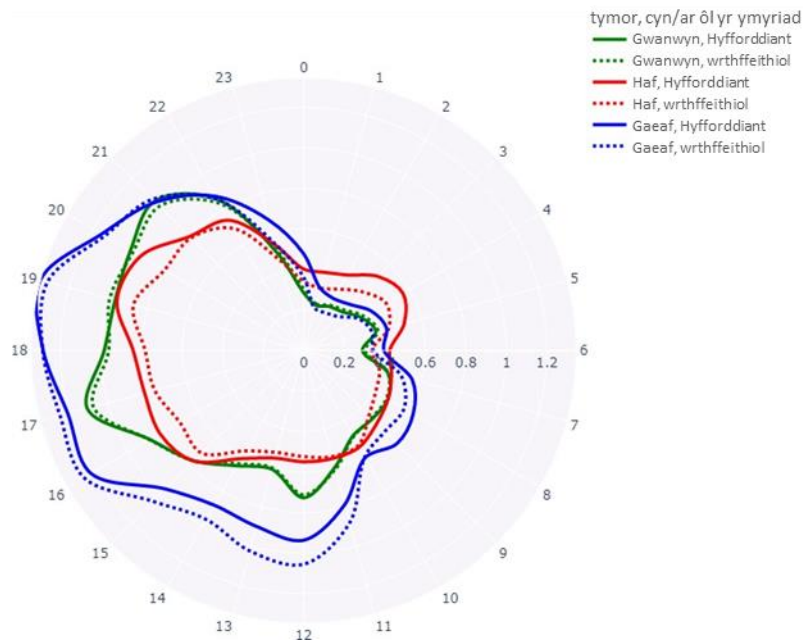
Mae'r plotiau hyn yn ei gwneud hi'n haws cymharu patrymau defnydd bob awr yn weledol – er enghraifft, mae Ffigur 9 yn dangos sut mae modd gweld patrymau defnydd gwahanol ar gyfer amrywiaeth o eiddo ar unwaith.

Fel rhan o'r prosiect hwn, mae pecyn Python ffynhonnell agored ar gyfer cynhyrchu'r plotiau hyn o'r enw plot cloc wedi'i greu ac mae ar gael [yma](#) (Young, 2022).



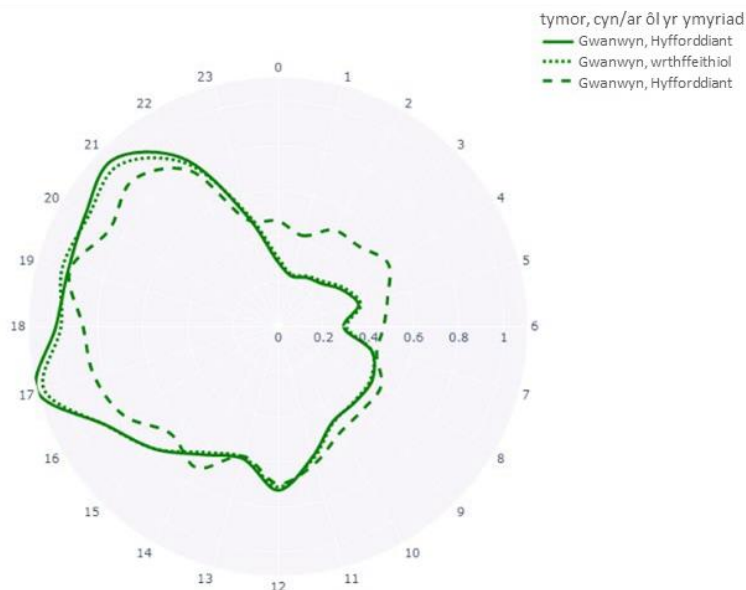
Ffigur 9 – Defnydd o nwy bob awr ar draws gwahanol dymhorau ar gyfer 16 eiddo

Defnyddiwyd y nodwedd weledol hon i weld a oedd gwybodaeth ddigonol ar gael. Mae Ffigur 10 yn dangos bod y model CalTRACK yn gallu nodi patrymau defnydd cyfartalog bob awr yn weddol gywir, yn ogystal â sylwi ar amrywiadau yn y patrymau hynny ar draws tymhorau.



Ffigur 10 – Defnydd cyfartalog o drydan bob awr yn ôl tymor ar gyfer un annedd, gan gymharu CalTRACK â data hyfforddi

Fodd bynnag, mae Ffigur 11 yn dangos nad yw'r model yn aml yn sylwi ar newidiadau mewn trefn arferol ar ôl y cyfnod hyfforddi – hy mae rhagfynegiad y sefyllfa wrthffeithiol yn dal yn debyg iawn i'r defnydd o'r cyfnod hyfforddi. Mae hyn yn arwydd bod y model yn debygol o seilio'r rhan fwyaf o'i amcangyfrifon ar ffactorau sy'n seiliedig ar amser, ac nad yw'r tymheredd yn unig yn darparu gwybodaeth ddigonol (neu nad yw'n cael ei ddefnyddio'n llawn) i fodelu rhai o'r newidiadau mewn defnydd sy'n cael eu harsylwi. Yn reddfol, mae hyn yn gwneud synnwyr – mae nifer o ffactorau a allai newid defnydd rhywun o ynni, a dim ond un ohonynt yw tymheredd allanol.

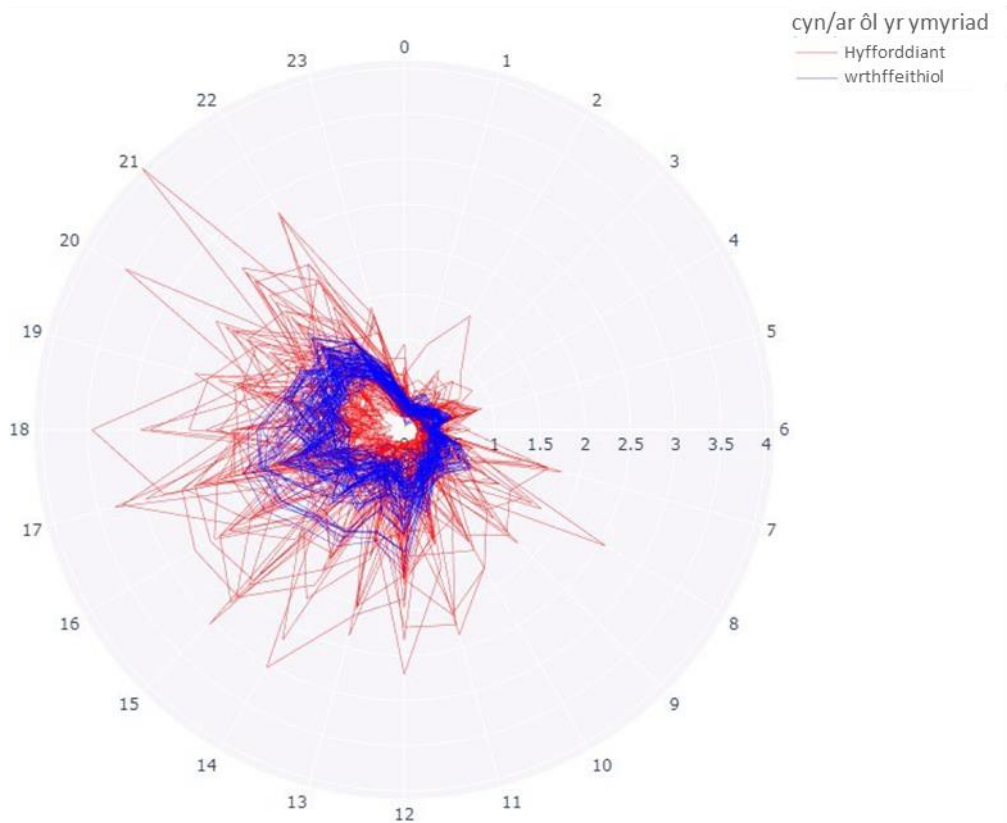


Ffigur 11 – Defnydd cyfartalog o drydan bob awr yn ystod y gwanwyn ar gyfer un eiddo, gan gynnwys y cyfnod profi sy'n cynnwys data nad oedd y model wedi cael ei hyfforddi arno

Daw tystiolaeth bellach mai diffyg gwybodaeth yw'r broblem yn hytrach na soffistigedigrwydd y model yn Ffigur 12, sy'n dangos yr un data â Ffigur 11 ond gyda phob diwrnod yn cael ei gynrychioli gan un llinell. Mae hyn yn dangos, er bod y model wedi cofnodi'r patrwm defnyddio cyfartalog yn dda (mae'r llinellau yn Ffigur 11 yn debyg iawn), nid yw'r model yn cofnodi'r pigynnau o ddydd i ddydd.

Mae hyn yn cysylltu'n ôl ag effaith y gosb ddwbl ac mae'n arwydd nad yw'r model yn gorfffitio i'r data hyfforddi (a fyddai'n weladwy fel pigynnau o'r un maint â'r data hyfforddi). O ystyried pa mor siarp yw'r pigynnau dyddiol hynny a'r ystod o adegau y maent yn digwydd, mae'n rhesymol tybio nad ydynt yn gysylltiedig â thymheredd yn unig – ac felly nid yw'r wybodaeth sydd ar gael yn ddigon i'w modelu.

Sylwer, er bod y siartiau uchod yn ymwneud â CalTRACK, mae'r arsylwadau'n gyffredinol wir ar gyfer SENSEI hefyd, sy'n awgrymu nad yw'r dull o fodelu cyflyrau gweithredu adeiladau yn goresgyn yr heriau sy'n gynhenid yn y data. Mae hyn yn debygol o fod oherwydd y nifer cymharol uchel o gyflyrau gweithredu adeiladau sy'n bodoli ar gyfer eiddo domestig.



Ffigur 12 – Defnydd o drydan yn ystod y gwanwyn ar gyfer un annedd (mae pob llinell yn cynrychioli un diwrnod)

Yn gryno, mae modelau sy'n defnyddio defnydd bob awr a thymheredd allanol sy'n perfformio'n ddigonol ar eiddo masnachol yn perfformio'n wael ar eiddo domestig oherwydd:

- Mae'r defnydd o ynni domestig yn cynnwys llawer o bigynnau sy'n deillio o ymddygiadau nad ydynt yn cael eu gyrru'n sylfaenol gan amser neu dymheredd
- Mae hyd yn oed defnydd sydd â chydran gymharol ddibynnol ar amser yn tueddu i symud rhwng oriau cyfagos ac felly'n dioddef effaith y gosb ddwbl

Dulliau o wella perfformiad modelu

Yn gysyniadol, mae tair ffordd o wella perfformiad modelu: lleihau natur bigog y data, ychwanegu data sy'n cynnwys gwybodaeth sy'n ddefnyddiol ar gyfer modelu'r pigynnau, neu fabwysiadu technegau modelu sy'n ymdrin â data pigog yn fwy effeithiol. Rhoddir sylw i'r ddwy gyntaf isod, ac mae'r olaf yn cael ei drafod yn yr adran Casgliadau a Phrif Ganfyddiadau.

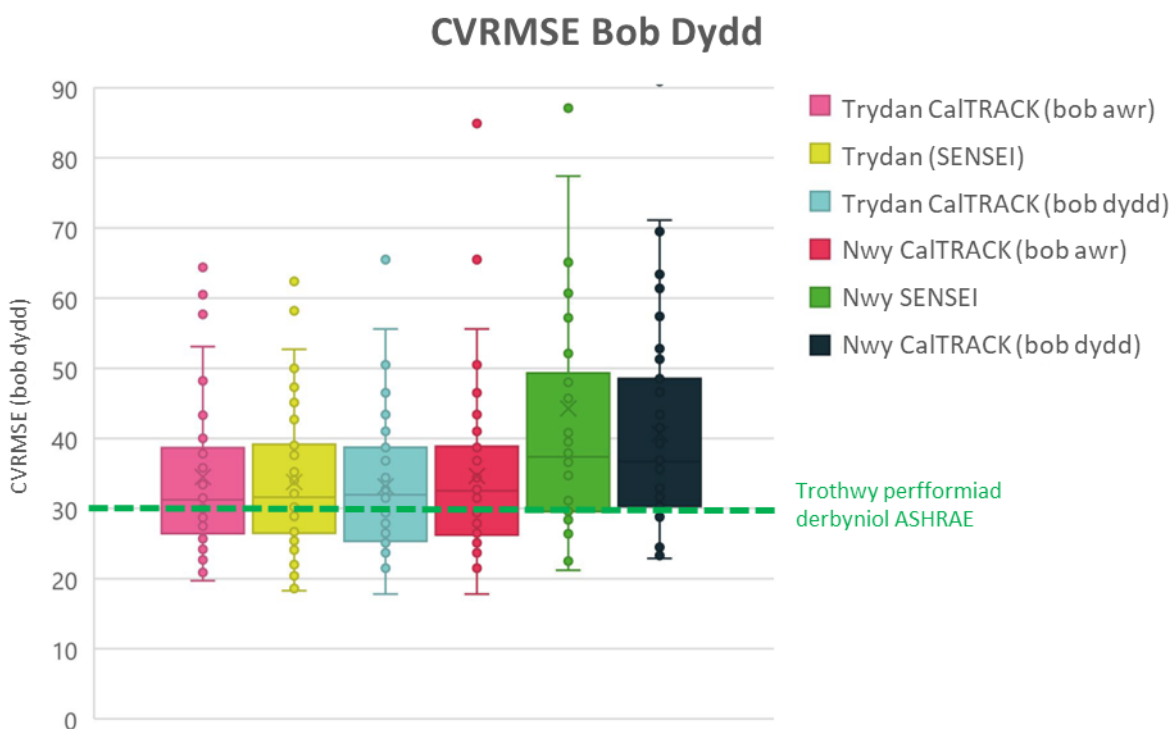
1. Lleihau natur bigog y data

Gellir mynd ati i leihau natur bigog y data mewn tair ffordd: cyfuno cyfnodau amser, cyfuno anheddau, neu gulhau ar ddata penodol o ddi-ddordeb. Rhoddir sylw i'r ddwy gyntaf isod, ac mae'r olaf yn cael ei drafod yn yr adran Casgliadau a Phrif Ganfyddiadau.

1a. Cyfuno cyfnodau amser

Mae'r dadansoddiad yn dangos bod y defnydd o ynni domestig yn bigog iawn o awr i awr, ac mae'r defnydd o ynni at ddiben penodol yn aml yn digwydd mewn un o ystod o oriau ar unrhyw ddiwrnod penodol. Mae cyfuno'r defnydd o ynni i gyfansymiau dyddiol yn golygu ei bod yn llawer haws modelu'r defnydd o ynni sy'n debygol iawn o ddigwydd mewn diwrnod, ond bod yr union amseriad yn ansicr.

Mae Ffigur 13 yn dangos bod hyn yn gallu gwneud gwahaniaeth sylweddol i CV(RMSE) model, gan ddod â'r CV(RMSE) yn agos i fod o fewn y lefelau derbyniol. Fodd bynnag, mae'r duedd i foddelau amcangyfrif y defnydd yn rhy isel fel arfer (hy NBME negatif) yn parhau, o leiaf yn yr eiddo a ddadansodwyd yn y prosiect hwn.



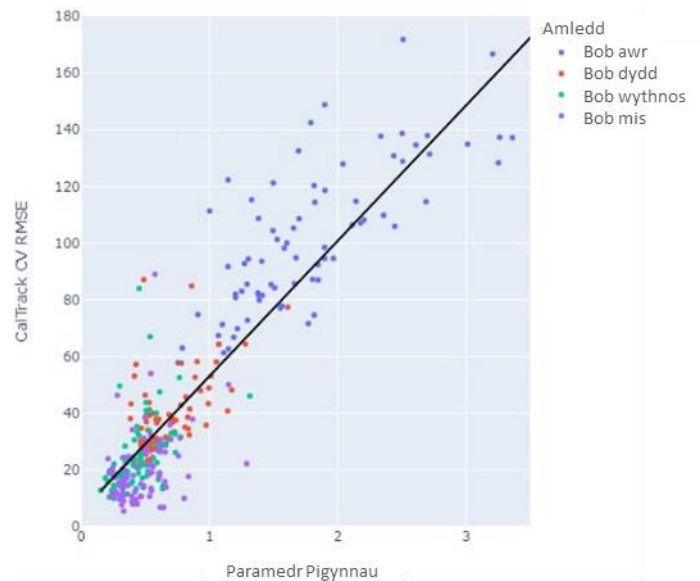
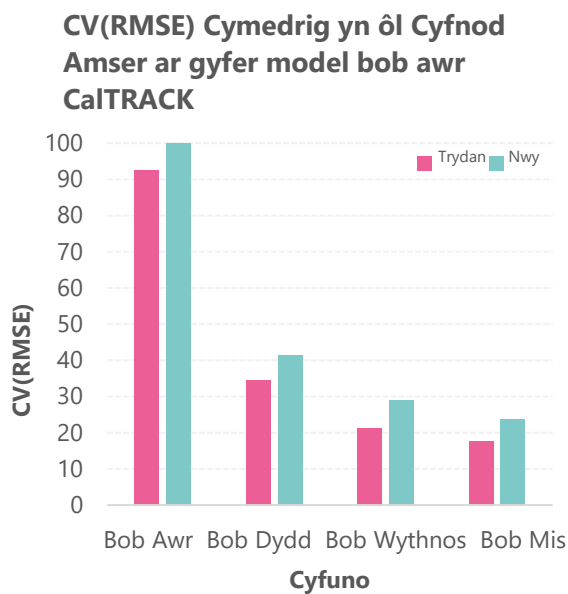
Ffigur 13 – CV(RMSE) wedi'i fesur yn ddyddiol yn hytrach na bob awr. Y model CalTRACK sydd wedi'i hyfforddi ar ddata bob awr sy'n perfformio orau.

Yn ddiddorol, mae hyfforddi'r model ar ddata bob awr ac yna cyfuno yn arwain at CV(RMSE) ychydig yn is. Mae'n debygol bod hyn yn arwydd bod y model yn llwyddo i nodi patrymau yn y data bob awr sy'n dangos defnydd dyddiol uwch/is. Mae'n awgrymu bod defnyddio data manylach i hyfforddi'r model ac yna cyfuno allbynnau'r model yn debygol o arwain at wall is na hyfforddi'r model ar gyfansymiau dyddiol cyn hyfforddi'r model.

Fel y gellid ei ddisgwyl, mae cyfuno allbynnau'r model bob awr i allbynnau wythnosol neu fisol yn gwella perfformiad y model ymhellach (gweler Ffigur 14). Mae Ffigur 15 yn dangos bod hyn yn cyd-fynd yn fras â'r hyn y gellid ei ddisgwyl o ystyried y lleihad yn y natur bigog, er ei bod yn ymddangos bod y cyfuniadau mwy bras (wythnosol/misol) yn perfformio'n well na'r hyn a fyddai'n ddisgwyledig ar sail y natur bigog yn unig. Mae hyn yn debygol o fod oherwydd bod patrymau sy'n seiliedig ar amser yn bodoli yn y data ac felly mae cyfuno yn ôl amser yn cadw rhai o'r patrymau hynny'n fwy effeithiol na chyfuno mewn dimensiynau eraill.

Dyma gyfyngiadau cyfuno cyfnodau amser:

- 1 mae'n atal costau neu ffactorau allyriadau rhag cael eu cyfrifo gan ddefnyddio'r adeg o'r diwrnod, a allai fod yn hanfodol ar gyfer rhai achosion defnydd
- 2 nid yw'n lleihau'n sylweddol y duedd i fodelau amcangyfrif defnydd yn rhy isel



Ffigur 14 (Ch) - Mae CV(RMSE) yn gwella wrth i allbynnau model gael eu cyfuno'n ehangach

Ffigur 15 (Dde) – Mae cyfuno ar sail amser yn lleihau'r natur bigog yn sylweddol, ac mae'r berthynas rhwng y natur bigog a CV(RMSE) yn parhau'n gyffredinol

1b. Cyfuno anheddau

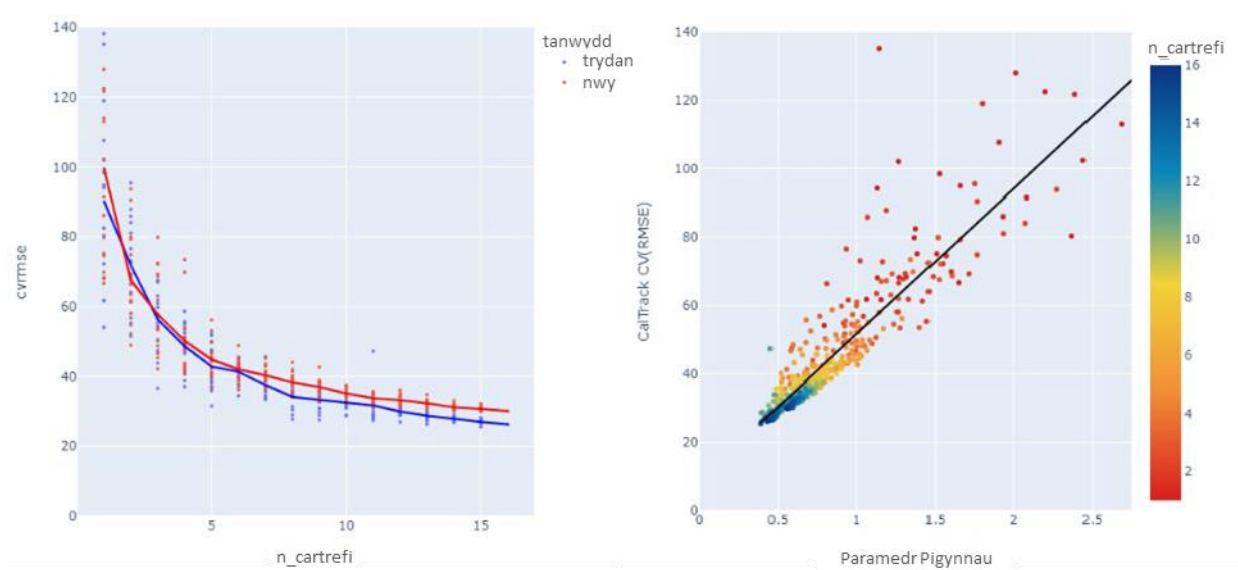
Dewis arall yw cyfuno mesuriadau o fwy nag un annedd, oherwydd bydd hyn yn lleihau natur bigog y data.

I brofi effeithiolrwydd hyn, defnyddiwyd y data bob awr o 16 o anheddau (cyfunwyd yr 16 a ddangosir yn Ffigur 9). Dewiswyd yr 16 hyn oherwydd bod ganddynt bron i 16 mis o ddata sy'n gorgyffwrdd (a oedd yn cynnwys gaeaf). Cyfunwyd drwy gyfansymio'r defnydd a chymryd cymedr y tymereddau allanol. Yna rhedwyd y model CalTRACK ar y data cyfun. Dangosir y canlyniadau yn Nhabl 5, gyda'r CV(RMSE) a'r NMBE o fewn canllawiau ASHRAE. Mae hyn yn awgrymu y gallai cyfuno darlleniadau o 10-20 annedd olygu bod modd cynhyrchu sefyllfa wrthffeithiol sy'n ddigon cywir bob awr gan ddefnyddio CalTRACK.

Tabl 5 – Gwerthoedd cymedrig CalTRACK CV(RMSE) a NMBE pan fydd 16 eiddo'n cael eu cyfuno

	Trydan	Nwy
CV(RMSE)	26.3	30.1
NMBE	1.1	-2.8

Mae ffigurau 16 a 17 yn dangos canlyniadau cyfuno gwahanol niferoedd o eiddo. Mae cynyddu nifer yr eiddo yn gwella CV(RMSE) ac NMBE (heb ei ddangos). Mae'n werth nodi bod modd sicrhau gwelliannau sylweddol mewn cywirdeb drwy gyfuno nifer cymharol isel o eiddo (<5), a allai awgrymu bod y dull hwn yn ymarferol hyd yn oed ar gyfer rhaglenni ôl-osod bach.



Ffigur 16 (Ch) - Mae cyfuno cartrefi yn gwella CV(RMSE) yn sylweddol

Ffigur 17 (Dde) – Mae'r gwelliant hwn mewn CV(RMSE) yn bennaf oherwydd lleihad yn y natur bigog

Er bod y dull hwn yn gwella gallu modelau i gynhyrchu sefyllfa wrthffeithiol gywir, mae ganddo dri chyfyngiad allweddol pan mai pwrpas y sefyllfa wrthffeithiol honno yw cymharu â data defnydd gwirioneddol i fesur arbedion:

1. Mae angen i anheddau fod wedi cae; ymyriadau ar adeg debyg (er mwyn i'r cyfnodau ar ôl ymyriad gyd-fynd)
2. Mae angen i anheddau fod yn ddigon agos yn ddaearyddol i'r tymheredd allanol fod yn debyg
3. Ni ellir priodoli arbedion i eiddo unigol

Er y bydd dewis rhwng cyfuno amser neu gyfuno anheddau fel arfer yn seiliedig ar yr achos defnydd a ddymunir a'r data sydd ar gael, mae'n werth nodi bod cyfuno data ar draws eiddo yn ymddangos yn fwy effeithlon o ran data na chyfuno ar draws amseroedd – roedd cyfuno 7 cartref wedi arwain at berfformiad tebyg i gyfuno 24 awr o ddata ar gyfer un cartref.

Yn gyffredinol, mae'n ymddangos bod natur bigog y data'n gallu rhagfynegi'n eithaf da pa mor gywir fydd model (er nad yw'n esbonio pob amrywiad ac mae gwahaniaethau o hyd rhwng nwy a thrydan). Mae paramedr pigynnau o dan 0.5 yn rhoi arwydd da y bydd CalTRACK yn gallu ffitio model yn gywir i'r data, ac felly gall fod yn adnodd ar gyfer asesu'n gyflym pa mor dda mae CalTRACK yn debygol o berfformio ar ddata penodol.

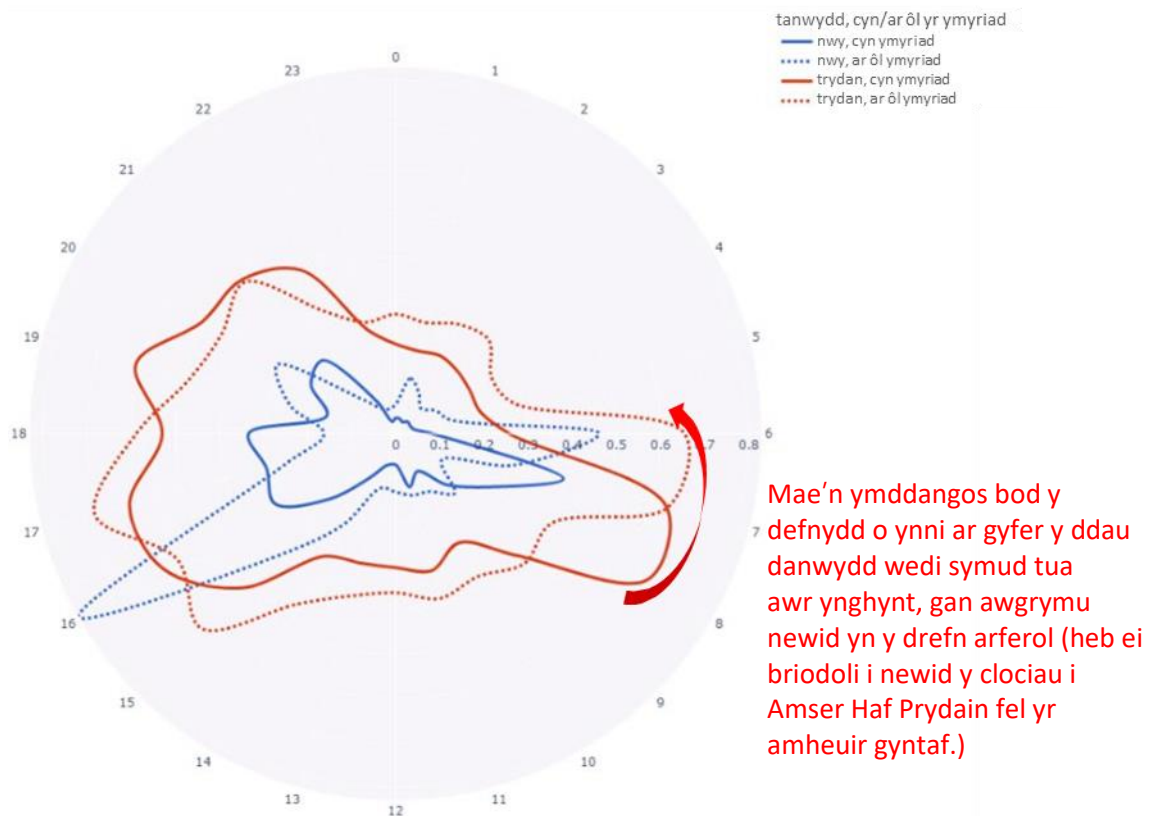
Sylwer bod hyn a chyfuno ar sail amser yn parhau i fod yn ddarostyngedig i'r chyfyngiad o beidio â gallu addasu ar gyfer newidiadau mewn ymddygiad sy'n digwydd ar ôl yr ymyriad ond nad ydynt yn gysylltiedig â'r ymyriad.

2. Ychwanegu data sy'n cynnwys gwybodaeth ddefnyddiol

Mae'n amlwg o'r dadansoddiad nad yw cyfran sylweddol o'r pigynnau yn y defnydd o ynni yn cael eu gyrru'n sylfaenol gan amser neu dymheredd allanol. Nid yw hyn yn syndod o ystyried yr ystod eang o ffactorau a fydd yn dylanwadu ar ymddygiad y llond llaw o bobl sy'n byw mewn annedd. Mae gan gasglu data sy'n mesur ymddygiad yn uniongyrchol neu'n anuniongyrchol y potensial i ganiatáu i bigynnau yn y defnydd o ynni gael eu priodoli'n uniongyrchol i ymddygiadau, ac felly i sefyllfaoedd gwrthffeithiol mwy cywir gael eu cynhyrchu.

O ystyried yr anhawster o gael digon o ddata mesuryddion clyfar cyson, nid oedd y prosiect hwn yn gallu archwilio manteision posibl data arall yn fanylach. Fodd bynnag, mae hwn yn faes ymchwil gweithredol, gyda llawer o ffynonellau data gwahanol yn cael eu hymchwilio. Er enghraifft, canfu'r prosiect SMETER rai arwyddion y gallai synwryddion ystafell (sy'n mesur tymheredd, lleithder a symudiad) helpu i wella cywirdeb wrth asesu cyfernod tymheredd gwresogi annedd (eiddo ffisegol cyson). Felly, mae'n rhesymol tybio y byddent o fudd wrth fodelu defnydd amrywiol o ynni.

Un pryder penodol wrth fesur arbedion ynni yw'r gallu i ganfod newidiadau mewn ymddygiad a phenderfynu a ellir priodoli'r rhain yn rhesymol i'r ymyriad. Er enghraifft, mae Ffigur 18 yn dangos newid yn y defnydd o ynni ar ôl gosod pwmp gwres nad yw'n debygol o allu cael ei briodoli i'r pwmp gwres. Y rheswm am hyn yw mai'r haf yw'r cyfnod dan sylw (pan nad yw'n debygol y bydd y gwres yn gweithredu) a'r newid i bob golwg yw bod y defnydd o nwy a thrydan wedi symud awr ynghynt. Mae hyn yn awgrymu newid sylweddol mewn trefn arferol yn hytrach na newid mewn gosodiadau gwresogi.



Ffigur 18 – Defnydd o ynni yn yr haf ar gyfer un eiddo cyn ac ar ôl gosod pwmp gwres

Fodd bynnag, mae pobl yn newid eu hymddygiad o ganlyniad i rai ymyriadau – er enghraifft, efallai y bydd pobl sy'n profi tloidi tanwydd yn troi eu thermostat i fyny neu'n ymolchi yn amlach ar ôl i waith ôl-osod inswleiddio wneud eu cartref yn fwy ynni-ffeithlon. Gellir priodoli'r newid hwn mewn ymddygiad i'r ymyriad ac felly efallai y bydd angen i fesuriad arbedion ynni gynnwys addasiad ar gyfer yr ymddygiad hwnnw.

Am y rheswm hwn, gall mesuriadau uniongyrchol o ymddygiad/dewisiadau preswylwyr (ee amserlenni systemau gwresogi a thymereddau targed) fod yn ddefnyddiol o ran helpu i briodoli newidiadau yn y defnydd o ynni.

Mae casglu a defnyddio data ychwanegol yn cynnwys cyfaddawdu cynhenid rhwng cywirdeb modelu a natur ymwthiol/cost. Bydd y cyfaddawd gorau posibl yn amrywio yn dibynnu ar yr achos defnydd penodol, ond byddai'r diwydiant yn elwa ar ymchwil systematig sy'n archwilio'r prif bwyntiau yn y cyfaddawdau hyn.

Methodoleg Arfaethedig

Mae'r adran flaenorol wedi dangos nad yw'r dulliau presennol, gan gynnwys CalTRACK a SENSEI, yn gallu mesur a dilysu arbedion yn ddibynadwy ar sail is-ddyddiol ar gyfer anheddau sengl, ond maent yn cynnig ateb y gellir ei ddefnyddio ar gyfer cyfnodau amser dyddiol, misol neu gyfunol pellach. Mae Tabl 6 yn crynhoi sut gall y dulliau presennol fynd i'r afael â'r cymwysiadau a restrir yn Nhabl 2 yn yr adran "Cymwysiadau".

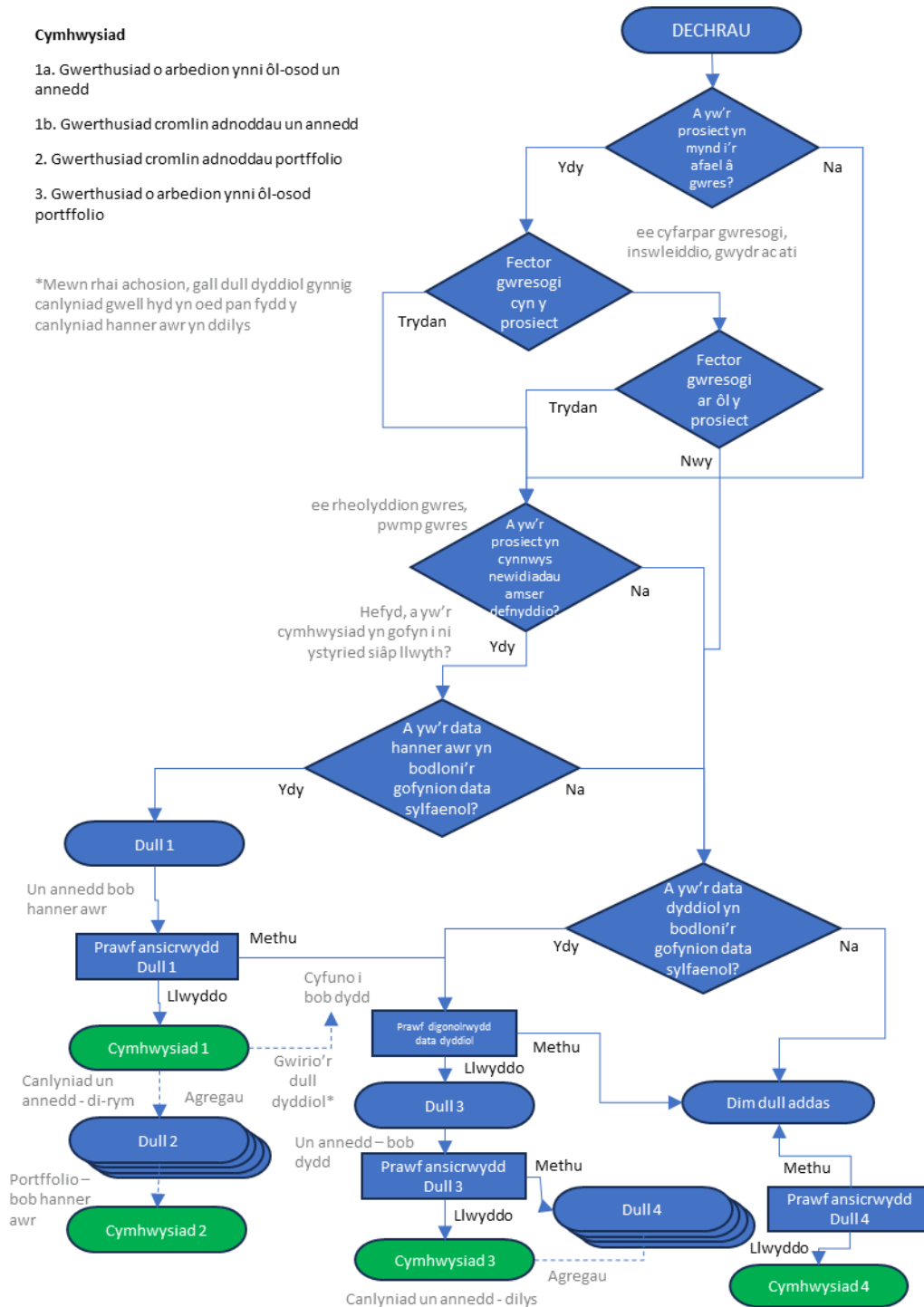
Tabl 6: Addasrwydd y dulliau a brofwyd ar gyfer gwahanol ddefnydd a chymwysiadau

Cymhwysiad	Dull	Allbynnau	Disgrifiad	Statws
1a. Gwerthusiad o arbedion ynni ôl-osod un annedd	1. Un annedd – bob dydd	Model y sefyllfa wrthffeithiol – bob dydd (trydan [a nwy]) Defnydd ynni wedi'i osgoi – bob dydd	CalTRACK bob awr (OpenEEmeter, 2019) (gan gyfuno'r canlyniadau yn ddyddiol) neu CalTRACK bob dydd (OpenEEmeter, 2019) os nad oes data bob dydd ar gael	Mae'r methodolegau sy'n bodoli eisoes yn rhesymol effeithiol mewn rhai achosion a gellid eu mireinio ymhellach.
1b. Gwerthusiad cromlin adnoddau un annedd	1b. Un annedd – bob hanner awr (trydan [a nwy])	Model y sefyllfa wrthffeithiol – bob hanner awr (trydan [a nwy]) Defnydd ynni wedi'i osgoi – bob hanner awr	Angen rhagor o ymchwil	Nid yw'r methodolegau'n ddigonol ar gyfer cymwysiadau amser defnyddio ar gyfer un annedd. Mae'r dulliau sydd ar gael yn rhai bob awr a byddai angen eu haddasu ar gyfer cymwysiadau bob hanner awr.
1c. Cromlin adnoddau un annedd gyda gwres wedi'i drydaneiddio	1c. Un annedd – bob hanner awr (nwy a thrydan)	Model y sefyllfa wrthffeithiol – bob hanner awr (nwy a thrydan) Defnydd ynni wedi'i osgoi – bob hanner awr (nwy a thrydan)	Modelu nwy a thrydan ar wahân a'u cyfuno ar ôl cyfrifo'r arbedion cost/carbon.	Fel uchod, 1b..

<p>2. Gwerthusiad cromlin adnoddau portffolio</p>	<p>2. Portffolio – bob hanner awr</p>	<p>Model y sefyllfa wrthffeithiol – bob hanner awr (trydan [a nwy]) Defnydd ynni wedi'i osgoi – bob hanner awr</p>	<p>Cyfansymio'r defnydd o ynni ar draws y portffolio ar gyfer bob (hanner) awr ac yna defnyddio CalTRACK bob awr (OpenEEmeter, 2019)</p>	<p>Mae'n ymddangos bod dull tebyg i CalTRACK ar gyfer portffolios o anheddau yn effeithiol os ceir portffolios o > 10-20 eiddo. Mae'r dulliau sydd ar gael yn rhai bob awr a byddai angen eu haddasu ar gyfer cymwysiadau bob hanner awr.</p>
<p>3. Gwerthusiad o arbedion ynni ôl-osod portffolio</p>	<p>3. Portffolio – bob dydd</p>	<p>Model y sefyllfa wrthffeithiol – bob dydd (trydan [a nwy]) Defnydd ynni wedi'i osgoi – bob dydd</p>	<p>Cyfansymio'r defnydd o ynni ar draws y portffolio ac yna defnyddio CalTRACK bob awr (OpenEEmeter, 2019) (gan gyfuno'r canlyniadau yn ddyddiol) neu CalTRACK bob dydd (OpenEEmeter, 2019) os nad oes data bob awr ar gael</p>	<p>Mae'r methodolegau sy'n bodoli eisoes yn rhesymol effeithiol a gellid eu mireinio ymhellach.</p>

Mae angen ymchwil pellach i ddatblygu dull sy'n gallu cyflawni gofynion protocolau '1b' ac '1c' yn Nhabl 6, ac yn wir i sefydlu a oes modd datblygu dull o'r fath.

Mae angen datblygu a mireinio dulliau '1a', '2' a '3' ymhellach hefyd, ond yn yr achosion hyn gallwn fod yn hyderus y gall y dulliau presennol ddarparu allbynnau ystyrlon y gellir eu defnyddio. Felly, rydym yn dod i'r casgliad canlynol:



Ffigur 19: Mae'r siart llif yn dangos sut y gellir defnyddio'r cymhwysiad neu'r achos defnydd a'r data sydd ar gael i ddewis dull addas.

Mae cymhlethdodau dulliau sy'n cynnwys cyfrifiadau amser defnyddio ar gyfer eiddo unigol yn golygu bod angen ymchwil pellach helaeth i baratoi'r rhain i'w defnyddio'n gyffredinol. Fel y mae'r adran Argymhellion ar gyfer Gwaith Pellach yn esbonio, gallai'r ymchwil hwn ganolbwyntio ar dechnegau tebygoliaethol i ddelio'n well â'r pigynnau annisgwyl a welir mewn data hanner awr, a/neu gall ymgorffori data esboniadol ychwanegol yn y cyfrifiad drwy synwryddion ychwanegol neu wybodaeth ychwanegol am ymddygiad.

Yn y cyfamser, mae dulliau dyddiol yn llawer agosach at fod yn ddefnyddiol mewn cymwysiaidau go iawn, yn benodol cymwysiaidau 1a, 2 a 3 yn Nhabl 6 uchod. Gellid gwerthuso portffolios ôl-osod heddiw gan ddefnyddio dulliau CalTRACK neu rai wedi'u cysoni'n agos, ond rydym yn awgrymu bod angen rhagor o ymchwil a datblygu cyn y gellir cynhyrchu canlyniadau dibynadwy ar gyfer anheddau unigol gan ddefnyddio'r dull hwn. Gallai prosiect dilynol ganolbwyntio ar 'gynhyrchu' y dulliau hyn ar gyfer defnydd cyffredinol yn ogystal â mireinio'r dulliau sylfaenol ymhellach.

Lle mae trydaneiddio gwres yn gydran fawr yn y gwaith ôl-osod, y dull a argymhellir yw modelu mewnbynnau ynni ar wahân a chyfuno'r arbedion ar ôl cyfrifo'r arbedion cost a charbon ar wahân ar gyfer pob math o danwydd.

Ym mhob achos, mae gwneud rhagor o gynnydd ar y gwaith ymchwil hwn yn gofyn am argaeledd niferoedd mawr o ddata mesuryddion clyfar, gan gynnwys data nwy.

Gwerthuso arbedion costau

Bydd y dulliau a ddangosir yn Nhabl 6 yn dychwelyd fector (rhestr) o ynni a arbedwyd mewn kWh fesul hanner awr neu bob dydd drwy gydol cyfnod monitro'r prosiect. Mae trosi hyn yn arbedion costau yn golygu lluosu pob ffigur kWh â chost yr uned ynni gyfatebol yn ôl y tariff sy'n cael ei ddefnyddio ar y pryd, neu ar gyfradd y cytunwyd arni ymlaen llaw (yn dibynnu ar y cymhwysiad). Gellir defnyddio dulliau dyddiol 1a a 3 gyda ffigurau kWh dyddiol cyfartalog neu y cytunwyd arnynt ymlaen llaw. Ond yn amlwg, ni ellir defnyddio tariffau amser defnyddio, lle mae cost fesul kWh o drydan yn amrywio o fewn un diwrnod, ond gyda'r dulliau 1b a 2 fesul (hanner) awr, y mae angen eu datblygu ymhellach yn sylweddol. O'r herwydd, rydym yn dod i'r casgliad nad yw dulliau arbedion a fesurir yn barod eto ar gyfer ceisiadau sy'n gofyn am werthusiad cywir o arbedion cost bob hanner awr.

Gwerthuso arbedion carbon

Yn yr un modd, gellir defnyddio allbwn dull arbedion a fesurir i werthuso allyriadau a osgowyd ar yr amod bod ffactor trosi addas ar gael ar gyfer mewnbyn ynni (trydan neu nwy). Gellir defnyddio dulliau dyddiol ar y cyd â ffactorau trosi cyhoeddedig i amcangyfrif allyriadau a osgowyd yn ddyddiol. Mae ffactorau trosi ar gyfer y cyfrifiadau hyn ar gael gan BEIS (Llywodraeth y DU, 2021), sy'n cael eu diweddarau bob blwyddyn. Mae modd cael gafael ar ffactorau trosi ar gyfer trydan drwy API Gweithredwr System Trydan National Grid (National Grid ESO, 2022) yn amlach. Fodd bynnag, fel y trafodwyd uchod, bydd angen datblygu dulliau arbed a fesurir sy'n cynnig ateb mwy na bob dydd yn sylweddol cyn y gellir eu defnyddio'n ymarferol, felly ar hyn o bryd dim ond yn ddyddiol y gellir gwerthuso arbedion allyriadau.

Ochr yn ochr â'r prosiect hwn, mae EnergyUnlocked a nifer o gyd-awduron wedi astudio manteision data allyriadau amser real, eglur iawn, sy'n benodol i leoliad yn eu hadroddiad *The Hidden Carbon Economy* (Energy Unlocked; Quantenergy, 2021). Bydd dulliau eglur iawn ar gyfer arbedion mesuryddion yn y dyfodol yn gweithio ar y cyd â'r data hwn, gan alluogi gwerthusiad

cywir o 'wir' arbedion carbon gan ystyried ffynonellau cynhyrchu carbon isel lleol yn ogystal â dwysedd carbon cyfartalog y grid. Bydd hyn yn arbennig o bwysig pan fydd ymyriadau ôl-osod yn cynnwys gosod dulliau cynhyrchu carbon isel.

Gwerthuso newidiadau mewn cyfnodau brig

Oni bai fod dulliau hanner awr yn cael eu datblygu gyda chywirdeb a hyder cyson uwchlaw trothwyon ASHRAE, ni fydd gan allbwn methodoleg arbedion mesuredig fawr o ddefnydd wrth werthuso newidiadau mewn cyfnodau brig. Ar ben hynny, gall dulliau i lyfnhau data defnydd drwy gael gwared ar "bigynau" wella cywirdeb a defnyddioldeb ar gyfer yr achosion uchod, ond mae'r dulliau hyn hefyd yn dileu'r pigynau defnydd sy'n allweddol i werthuso newidiadau mewn cyfnodau brig. O'r herwydd, bydd angen gwneud mwy o waith i sicrhau bod y dulliau a gynigir yn yr adroddiad hwn yn addas ar gyfer gwerthuso newidiadau mewn cyfnodau brig.

Synergedd gyda Phrosiectau Sefydliad MCS

Mae gan Sefydliad MCS, cyd-gyllidydd y prosiect Arbed Ynni Mesuredig, bortffolio o 32 o brosiectau y mae wedi'u hariannu neu y mae'n eu hariannu ar hyn o bryd drwy ei raglen grantiau. Mae'r prosiect Arbed Ynni Mesuredig wedi'i grwpio gyda 9 prosiect arall o dan y pennawd Ymchwil a Gwybodaeth i Ddefnyddwyr. Mae'r grwpiau eraill yn cynnwys Datblygu a Pholisi, Safonau a Diogelwch, Sgiliau ac Addysg, a Meithrin Gallu Cymunedol. Roedd Sefydliad MCS yn awyddus i ddeall lle'r oedd unrhyw synergedd posibl yn bodoli ar draws ei bortffolio gyda'r prosiect Arbed Ynni Mesuredig, neu gyda gwaith posibl yn y dyfodol yn adeiladu ar yr hyn sydd wedi'i gynnwys yn y prosiect MES presennol.

Nodwyd bod synergedd cryf rhwng y prosiect MES a phedwar prosiect sydd wedi'u cwblhau ac un prosiect sydd ar waith. Disgrifir y synergedd rhwng y prosiect MES a phob un o'r pum prosiect hyn yn y paragraffau canlynol.

Self Consumption: Advanced Further Energy Ltd. gyda Chanolfan Solar Genedlaethol BRE a Phrifysgol Loughborough, Prosiect wedi'i gwblhau

Arweiniodd y prosiect hwn at ehangu model a ddatblygwyd yn flaenorol gan Brifysgol Loughborough i gynhyrchu teclyn i amcangyfrif hunanddefnydd o ynni solar ffotofoltaig gyda a heb storfa ynni, ar gyfer tri math eang o ddeiliadaeth a chynhyrchu system ffotofoltaig hyd at 6,000kWh y flwyddyn.

Gallai teclyn rhagfynegi MES, ynghyd â monitro 'ar waith', ddarparu dilysiad ar gyfer y teclyn hunan-ddefnydd ac yn gyfatebol ar gyfer y teclyn MES yng nghyd-destun hunan-ddefnydd a storio trydan a gynhyrchir gan system ffotofoltaig.

Mae'r adnodd hunan-ddefnydd, a'r nodyn canllaw ategol, wedi cael eu cyhoeddi i'w defnyddio ar [wefan MCS](#) (Sefydliad Elusennol MCS, 2019).

Cartrefi Solar Clyfar: Solar Trade Association, Prosiect wedi'i gwblhau

Mae newid i system ynni clyfar a hyblyg yn cael ei ddeall yn eang fel rhywbeth sy'n angenrheidiol i gefnogi datgarboneiddio cost-effeithiol a mwy o drydaneiddio ym meysydd trafnidiaeth a gwres. Amcan y prosiect hwn oedd nodi tystiolaeth newydd o'r manteision i aelwydydd a'r system drydan o alluogi mwy o ddefnydd o ynni solar, storio ynni a mesuryddion clyfar mewn cartrefi domestig. Daeth y prosiect i'r casgliad y gall gosod paneli solar, storfa fatri a rheolyddion clyfar mewn rhagor o gartrefi i reoli'r defnydd o drydan ddarparu digon o bŵer hyblyg cyflym i leihau'r cynnydd yn y galw, gan helpu i gydbwyso'r system drydan heb yr angen am ddulliau atgyfnerthu costus.

Mae'r [adroddiad](#) bellach wedi cael ei gyhoeddi, ac mae'n dangos manteision gosod technolegau ynni clyfar mewn cartrefi unigol, a'r cyfraniad y gallant ei wneud i'r system drydan gyfan, wrth ei ehangu ar draws portffolio o 4.4 miliwn o gartrefi (McCann, 2022).

Gallai teclyn MES rhagfynegi, ynghyd â dilysu wrth ddefnyddio, ddarparu rhagor o hygrededd a mireinio'r asesiad 'o'r gwaelod i fyny' a gynhaliwyd yn y prosiect hwn, sy'n awgrymu y gall cartrefi sydd ag offer o'r fath hefyd fwy na haneru eu hallyriadau carbon a'u biliau ynni.

Mae potensial hefyd i fodelu cynnydd cyson yn y galw ac archwilio ymhellach y tariffau amser defnyddio a nodir yn y prosiect hwn, wrth ddefnyddio model MES yn y dyfodol, gan nodi nad yw'r modelau presennol yn addas iawn ar gyfer data sy'n cael ei gasglu fwy nag unwaith y dydd ar gyfer anheddau unigol.

Gwerth Cartrefi Solar: Solar Energy UK, Prosiect wedi'i Gwblhau

Prif amcan y prosiect hwn oedd hyrwyddo gosod systemau solar ffotofoltaig ar y to yn y DU drwy ddarparu gwybodaeth ac arweiniad i berchnogion a buddsoddwyr ar werth ariannol 'eiddo solar', a ddiffinnir fel eiddo sy'n cynnwys system ffotofoltaig ar y to, a/neu system storio ynni. Rhagdybiwyd y byddai gwneud hynny'n goresgyn rhwystr gwybodaeth allweddol i'r nifer sy'n defnyddio paneli solar ffotofoltaig oherwydd bod diffyg tystiolaeth gadarn ar fanteision ariannol solar wedi cael ei nodi fel rhwystr gwybodaeth allweddol i berchnogion tai, priswyr, y sector adeiladu, a chyfryngwyr sy'n ymwneud â thrafodion eiddo.

Roedd [canfyddiadau'r ymchwil o'r prosiect hwn](#) yn cynnwys dadansoddiad ystadegol o fwy na phum miliwn o drafodion eiddo, a daethpwyd i'r casgliad bod uwchraddio cartrefi gyda systemau ynni solar yn ffordd hawdd a syml o leihau costau rhedeg eiddo a chynyddu ei werth ar yr un pryd â lleihau ei effaith ar yr amgylchedd (Solar Energy UK, 2022).

Mae potensial i berchnogion tai ac eraill ddefnyddio'r dystiolaeth hon ochr yn ochr â theclyn MES yn y dyfodol i gefnogi penderfyniadau buddsoddi ar gyfer paneli solar ffotofoltaig a storio ynni.

Cynllun Sgorio SuperHomes: Y SEFYDLIAD YNNI CENEDLAETHOL, Prosiect wedi'i gwblhau

Mae rhaglen SuperHomes y Sefydliad Ynni Cenedlaethol (SuperHomes, 2022), a lansiwyd yn wreiddiol yn 2007, yn cydnabod cyflawniadau'r rheini sydd wedi eco-adnewyddu eu heiddo ac wedi sicrhau lefelau uchel o leihau carbon ac ynni ynghyd â mwy o gysur.

Ail-lansiwyd SuperHomes yn 2021 gan ddefnyddio cynllun sgorio newydd, a ddatblygwyd gyda chyllid grant gan Sefydliad MCS, Innovate UK a'r Sefydliad Datblygu Cynaliadwy. Mae'r system sgorio newydd yn rhoi gwahanol sgoriau ar gyfer rhagori ar gerrig milltir sy'n fwy heriol yn olynol o ran lefelau perfformiad ynni ochr yn ochr â metrigau hanfodol eraill.

Yn ogystal â bod yn gynllun sgorio, mae SuperHomes yn rhoi arweiniad a chefnogaeth i ddarpar gyfranogwyr SuperHomes. Gallai darparu adnodd i gymuned SuperHome sy'n seiliedig ar y modelu MES gynyddu hyder yng nghanlyniad defnydd ynni gwaith adnewyddu a gwelliannau cyn buddsoddi, naill ai gan ddeiliaid tai yn uniongyrchol neu gan eu darparwyr cyllid, ac felly dileu rhwystr ariannol i wneud gwelliannau sy'n gwneud synnwyr yn ariannol ac o ran carbon.

Ailadeiladu'r Gronfa Ddata Adeiladau Ynni Isel CYMDEITHAS ADEILADAU SY'N YSTYRIOL O'R AMGYLCHEDD, Prosiect yn parhau

Cafodd y Gronfa Ddata Adeiladau Ynni Isel (LEBD) ei chreu i ddechrau yn dilyn prosiect Ôl-osod ar gyfer y Dyfodol y Bwrdd Strategaeth Technoleg (sydd bellach yn 'Innovate UK') ar ôl 2010, ac mae'n arddangos 455 o brosiectau adeiladu ynni isel arloesol yn y DU gan gynnwys anheddau sengl, cynlluniau tai preifat a chymdeithasol aml-uned, ysgolion a swyddfeydd. Mae'n cynnwys 150 o brosiectau ôl-osod y gellir eu hefelychu.

Nod y prosiect Ailadeiladu'r Gronfa Ddata Adeiladau Ynni Isel yw tyfu'r LEBD fel adnodd ar gyfer perchnogion tai yn y DU, hunan-adeiladwyr, awdurdodau lleol, y diwydiant adeiladu a chynulleidfaoedd rhyngwladol.

Bydd y gronfa ddata LEBD newydd yn hwyluso cofnodi data safonol ac effeithlon, rhannu a mynediad gwell, cymharu ac adrodd cyson ar brosiectau, gwell adborth a dysgu yn ogystal â hyrwyddo prosiectau.

Mae'n bosibl y bydd cyfleoedd i'r prosiect hwnnw ddefnyddio dulliau modelu MES fel sail ar gyfer rhagfynegi a dilysu. Mae hefyd yn bosibl y byddai rhai o'r eiddo a nodwyd gan y prosiect MES ac a ddefnyddiwyd wrth ymchwilio i ddulliau modelu hefyd yn addas i'w cynnwys yn y LEBD.

Yn ogystal, mae disgrifiadau cyhoeddedig o bum prosiect Meithrin Gallu Cymunedol Sefydliad MCS, a phrosiectau cyflawni dilynol yn seiliedig ar yr adnoddau y mae rhai o'r prosiectau hyn yn eu datblygu, yn dangos y byddai'r rhain yn elwa o declyn rhagfynegi MES. Gellid cyflwyno teclyn o'r fath o brosiect estynedig neu ddilynol, gan adeiladu ar yr ymchwil a'r ymchwiliad MES a gynhaliwyd yn y prosiect MES presennol. Byddai prosiectau cymunedol sy'n ymwneud â rhagweld arbedion ynni (a gostyngiadau carbon) ar draws nifer o eiddo domestig yn gallu elwa o ddefnyddio model CALTrack o eiddo cyfun.

Dyma brosiectau Sefydliad MCS a nodwyd fel rhai a allai fod o fudd yn y modd hwn:

- Accelerating Zero Carbon Heat in Scotland – WWF Scotland
- Ambleside to Zero (A to Z) – Ambleside Action for a Future
- Cyflymu Ymateb Lleol – Ashden Sustainable Solutions Better Lives
- Five for Fownhope - Adnodd Cynllunio Plwyf Di-garbon – Herefordshire Green Network
- Cynllunio Ynni Cymunedol – Y Ganolfan Ynni Cynaliadwy

Casgliadau a Phrif Ganfyddiadau

Mae'r prosiect wedi gwneud cynnydd tuag at ateb arbedion ynni mesuredig ar gyfer y DU ac mae wedi tynnu sylw at yr angen am brotocol o'r fath, gan adeiladu ar y gwaith a wnaed o dan gynllun CEEB y GFI yn ystod 2020-21. Daeth cyfres o gyfweiliadau defnyddwyr ac ymchwil pellach gyda rhanddeiliaid a gafodd eu cynnull gan GFI i'r casgliad canlynol:

- 1) Mae perthnasedd a methodoleg y gwaith hwn wedi cael eu dilysu drwy sgysiau â'r holl randdeiliaid sy'n cymryd rhan, gan gefnogi ymchwiliadau pellach i'r maes hwn.
- 2) Mae'n debygol y bydd angen gwneud newidiadau ar draws seilwaith data ynni'r DU i gefnogi effeithlonrwydd ynni a thalu am fodolau busnes perfformiad. Er enghraifft, bydd pennu manyleb profion profi dosbarthu rhwydwaith yn helpu i gefnogi achosion defnydd seiliedig ar rwydwaith drwy ddarparu trothwyon clir o gywirdeb a hyder i weithio tuag atynt a phrofi yn eu herbyn.
- 3) Dylid ystyried ac integreiddio pwysigrwydd cysur preswylwyr, tanwydd ac arbedion carbon wrth i'r methodolegau hyn ddatblygu ac esblygu dros amser. Ni ddylid diystyru'r amrywioldeb rhwng sectorau domestig ac annomestig, o ran y mewnbynnau sydd ar gael a'r allbynnau a ddymunir. O'r herwydd, dylai atebion terfynol fod yn addasadwy ac yn hyblyg lle bynnag y bo modd, gan gyfyngu ar rhagysgrifiadaeth lle bo hynny'n bosibl er mwyn cynnal maes agored o ffrydiau gwerth a chymwysiaidau posibl.
- 4) Mae methodolegau casglu data a data yn parhau i fod yn un o'r prif rwystrau o ran cynhyrchu, gwerthuso a gwella methodolegau arbedion mesuredig. Dylai gweithredwyr y diwydiant a llunwyr polisiau fel ei gilydd roi pwys mawr ar gasglu a rhannu data o ansawdd uchel (data o fesuryddion clyfar), a dylid gwella mynediad at ddata presennol lle bynnag y bo modd.
- 5) Mae'n bosibl y bydd dyfeisiau yn y cartref a monitro amser real yn gallu darparu ateb cost-effeithiol i rai o'r problemau hyn, ond nid pob un ohonynt, ac felly mae angen dull cyfannol wrth i'r DU fwrw ymlaen â datgarboneiddio.

Bydd yr achos busnes a'r angen peirianyddol am arbedion mesuredig yn tyfu wrth i'r galw am drydaneiddio gwres a thrafnidiaeth barhau yn y DU, yn enwedig mewn ardaloedd lle mae cyfyngiadau ar y grid, ac mae'r brys hwn yn debygol o gael ei waethygu gan yr argyfwng prisiau nwy presennol os bydd yn cyflymu'r trydaneiddio.

Mae gwaith ymchwil a dadansoddi helaeth wedi cael ei wneud gan ddefnyddio dulliau cyfrifo a ddatblygwyd ledled y byd i nodi man cychwyn addawol ar gyfer methodoleg yn y DU. Daeth y gwaith ymchwil hwn i'r casgliad canlynol:

1. Roedd y data cyfyngedig a oedd ar gael yn golygu ei bod yn anymarferol datblygu model cwbl newydd y gellid ei argymhell yn hyderus fel rhywbeth sy'n addas i'w ddefnyddio'n eang
2. Mae modelau sy'n defnyddio defnydd fesul awr a thymheredd allanol (e.e. CalTRACK a SENSEI) sy'n perfformio'n ddigonol mewn eiddo masnachol yn perfformio'n wael mewn eiddo domestig unigol, yn enwedig ar fanylder mwy nag unwaith y dydd (bob awr neu bob hanner awr).
3. Oherwydd:
 1. Mae'r defnydd o ynni domestig yn cynnwys llawer o bigynnau sy'n deillio o ymddygiadau nad ydynt yn cael eu gyrru'n sylfaenol gan amser neu dymheredd

2. Mae hyd yn oed defnydd sydd â chydran gymharol ddibynnol ar amser yn tueddu i symud rhwng oriau cyfagos ac felly'n dioddef effaith y gosb ddwbl
4. Felly, nid yw'r modelau presennol fesul awr yn addas ar gyfer achosion defnydd sy'n gofyn am asesiad o'r defnydd brig ar gyfer anheddau sengl
5. Mae'n ymddangos bod pa mor 'bigog' yw'r data yn rhagfynegi pa mor gywir fydd model. Mae Paramedr Pigiadau is na 0.5 yn awgrymu tebygolrwydd uchel y bydd CalTRACK yn gallu ffitio model yn gywir i'r data. Wrth ystyried data sydd â manylder hanner awr neu fanylach, gall dulliau llyfnhau wella cywirdeb ond byddant hefyd yn llesteirio'r gwaith o asesu newidiadau mewn cyfnodau brig.
6. Gall cyfuno allbynnau o fodel bob awr hyd at bob dydd alluogi sefyllfa wrthffeithiol ddigon cywir i gynhyrchu un annedd gan ddefnyddio CalTRACK
7. Mae'n bosibl y bydd cyfuno darlenniadau o 10-20 annedd yn golygu bod modd cynhyrchu sefyllfa wrthffeithiol sy'n ddigon cywir bob awr gan ddefnyddio CalTRACK
8. Mae'r modelau presennol yn gweithredu'n bennaf fesul awr ac nid bob hanner awr, felly byddai gwaith i ymestyn y modelau hyn a phecynnau ffynhonnell agored i bob hanner awr yn fuddiol ar gyfer defnydd yn y DU

Er bod angen gwneud rhagor o waith i'w paratoi i'w defnyddio'n gyffredinol gan weithwyr proffesiynol ym maes ôl-osod a chyllid, canfuwyd bod y dulliau ar gyfer cyfrifo sefyllfaoedd gwrthffeithiol dyddiol ar gyfer portffolios o gartrefi yn addas i'r diben i raddau helaeth. Mewn rhai achosion, gellir defnyddio'r dulliau hyn ar gyfer anheddau unigol, ac yn y rôl hon, byddant yn adnodd defnyddiol ar gyfer cynnal gwerthusiad perfformiad adeiladau o dan y safon BS 40101 newydd. Ar yr un pryd, bydd prosiectau a gynhelir sy'n cydymffurfio â'r lefel BPE Safonol o dan BS 40101 yn casglu data o ansawdd a manylder digonol, a dros ddigon o amser i fod yn gydnaws â'r dulliau a'r modelau a archwiliwyd gan y prosiect MES hwn.

Fodd bynnag, mae heriau o ran cael mynediad at y swm gofynnol o ddata ynni wedi golygu bod llai o gynnydd wedi cael ei wneud ar ddulliau hanner awr ('amser defnyddio'). Er bod y prosiect yn dod i'r casgliad y gellir defnyddio'r dulliau sydd ar gael ar hyn o bryd i ddarparu gwerthusiadau amser defnyddio ar draws portffolios o gartrefi, mae angen ymchwil pellach sylweddol cyn i'r dull hwn gynnig ateb ymarferol ar gyfer anheddau unigol. Mae natur 'bigog' y defnydd o ynni mewn cartrefi mewn diwrnod yn rhy fawr i ddulliau cyfredol weithio'n ddibynadwy, ac nid yw'n ymddangos bod dulliau amgen a ddatblygwyd mewn cyd-destunau amhreswyl yn cynnig ateb. Ac eto, bydd angen y dulliau 'mewn diwrnod' hyn ar gyfer (i) cyfrifiadau cost ynni cywir neu arbedion osgoi cyfnodau brig lle mae tariffau amser defnyddio yn cael eu defnyddio, a (ii) gwerthusiadau cywir o allyriadau carbon wedi'u hosgoi sy'n ystyried amrywiadau tymhorol a lleoliadol yn nwysedd carbon trydan. Ar hyn o bryd, is-fesuryddion a monitro llwythi yw'r unig ffordd ddibynadwy o werthuso newidiadau amser defnyddio ar gyfer y rhaglenni hyn.

Yn ffodus, mae'r dadansoddiad a gynhaliwyd yn ystod y prosiect hwn a chanfyddiadau o'r prosiectau 'MEER' a gomisiynwyd gan BEIS yn cynnig llwybrau addawol ar gyfer datblygu pellach. O ganfyddiadau'r rhaglen SMETER, rydym yn dod i'r casgliad canlynol:

1. Wrth ystyried y nod o arbedion ynni mesuredig cywir ar gyfer eiddo domestig, y gallai sicrhau data mewnbyn o ansawdd uchel fod yr un mor hanfodol â defnyddio technegau modelu uwch
2. Er y bydd mwy o ddata ar gael ar lefel diwydiant yn cyfrannu'n helaeth at gefnogi'r gwaith

o ddatblygu methodoleg arbedion mesuredig, nid yw mwy o ddata o reidrwydd yn golygu mwy o hyder na chywirdeb ar lefel y cartref unigol. Enghraifft dda o hyn yw presenoldeb neu ddiffyg presenoldeb synwryddion ystafelloedd, nad oedd yn cyfateb yn uniongyrchol i ansawdd y canlyniadau modelu.

3. Gall presenoldeb gosodwr proffesiynol ar gyfer atebion mesur helpu i gynhyrchu data adeiladau o ansawdd uchel, gan gefnogi'r angen am rôl "gwerthuswr ôl-osod" pwrpasol, a allai gyflawni neu oruchwylio'r gwaith gosod hwn lle bo angen yn safon ôl-osod PAS 2035.
4. Mae'r prosiect SMETER wedi arwain at ddata gwerthfawr y gellid ei ddefnyddio i'w ystyried yn y dyfodol yn y maes hwn, gan gynnwys y setiau data canlynol:
 1. Rheoli gwres, EPC a data arolwg ychwanegol o Ddull H
 2. Data synhwyrdd ystafell o Ddulliau B ac F
 3. Data Mesuryddion Clyfar o Ddull E
5. Dangosodd cyfranogwyr SMETER nad oes angen i gynhyrchion mesur ychwanegol effeithio ar gysur na hwylustod y preswylwyr. Fodd bynnag, dylid holi preswylwyr i ganfod eu hawydd i gael mesuryddion ychwanegol yn y tymor hir, yn enwedig lle mae'n cystadlu â'u hadnoddau domestig, fel y socedi plwg sydd ar gael, neu bresenoldeb mannau heb sŵn a golau.

Bydd angen i ddull 'hanner awr' yn y dyfodol ar gyfer mesur arbedion gynnwys naill ai dulliau tebygolrwydd i ymdrin yn well â chynnydd mewn defnydd, neu ddata esboniadol ychwanegol ar ddefnydd ynni'r cartref, y gellid ei gael o synwryddion yn y cartref neu fewnwelediadau ymddygiadol o astudiaethau ar raddfa fawr o ddefnydd ynni.

Mireinio'r data

Os disgwylir i'r ymyriad a gyflawnwyd gael effaith ar un defnydd terfynol o ynni yn unig (e.e. gwres), yna bydd monitro a modelu defnydd terfynol ynni yn uniongyrchol yn darparu mesuriad mwy cywir o arbedion. Mae hyn yn debygol o fod yn arbennig o berthnasol ar gyfer gwresogi, lle mae'r defnydd fel arfer yn llai 'pigog' ond yn ddiodyn mae'n cael ei gymysgu â defnydd uchel iawn o ddŵr poeth mewn mesuriadau mesuryddion clyfar. Fodd bynnag, gallai'r gofyniad i gasglu'r data hwn am gyfnod sylweddol (e.e. 12 mis) cyn yr ymyriad olygu nad yw hyn yn ymarferol mewn llawer o achosion. Er bod cyfnod sylfaen mor hir yn bosibl mewn rhaglenni arloesol fel y Rhaglen ôl-osod er mwyn Optimeiddio, nid yw'n debygol o fod yn ymarferol yn y dyfodol o ystyried pa mor gyflym y bydd angen cyflwyno ôl-osodiadau i gyrraedd targedau sero net.

Dewis arall yn lle is-fesuryddion uniongyrchol y defnydd terfynol o ynni yw defnyddio algorithmau i wahanu defnyddiau unigol o ddata mesuryddion clyfar, gan ddefnyddio technegau Monitro Llwythi Anymwthiol (NILM) i'w rannu'n amcangyfrifon ar gyfer gwahanol ddefnyddiau terfynol. Yna gellir modelu sefyllfa wrthffeithiol ar gyfer y defnydd terfynol o ynni. Yr her gyda hyn yw bod y mwyafrif helaeth o dechnegau NILM yn dibynnu ar ddefnyddio data foltedd a cherrynt amledd uchel i alluogi canfod digwyddiadau ar/oddi ar broffiliau dyfeisiau (Ruano A, 2019). Mae data NILM sy'n defnyddio data amledd isel (e.e. mesurydd clyfar 30 munud) yn llawer llai cywir, ac felly mae'n debygol y byddai'n arwain at ormod o ansicrwydd wrth gyfrifo arbedion mesuredig. Mae casglu data amledd uchel yn dioddef yr un rhwystr ymarferol ag is-fesuryddion – byddai ei angen am gyfnod sylweddol cyn yr ymyriad.

Maes ar gyfer ymchwil yn y dyfodol yw a ellid datblygu NILM hybrid drwy ddefnyddio cyfnod byr o

ddata amledd uchel yn union cyn yr ymyriad i fireinio dadgyfuno yn seiliedig ar ddata mesuryddion clyfar 30 munud yn mynd yn ôl 12 mis. Gallai hyn wella cywirdeb yr NILM amledd isel, ond gallai fod yn anodd os nad yw'r cyfnod o gasglu data amledd uchel yn cynnwys cydrannau hanfodol o ddefnydd (ee mae'n digwydd yn ystod yr haf ac felly nid yw'r defnydd o wres yn cael ei ganfod).

Fel y trafodwyd yn yr adran Modelu a Dadansoddi, mae data ychwanegol sy'n ymwneud yn fwy uniongyrchol ag ymddygiad preswylwyr yn debygol o fod yn werthfawr i gasglu mwy o'r rhesymau sylfaenol dros ddefnyddio ynni ar adegau penodol – ac felly ei wneud yn fwy cywir o ran modelu.

Technegau modelu ar gyfer data pigog

Mae natur effaith y gosb ddwbl yn golygu bod modelau sy'n seiliedig ar bwyntiau sy'n defnyddio metrigau gwallau traddodiadol bob amser yn mynd i gael trafferth delio â data pigog. Dull arall yw hyfforddi modelau tebygoliaethol gan ddefnyddio metrig amgen sy'n osgoi effaith y gosb ddwbl (e.e. Sgôr Ynni) fel y swyddogaeth costau. Byddai hyn yn galluogi'r ffaith bod cyfnod brig yn digwydd dros amrywiaeth o adegau i gael ei fodelu'n fwy penodol gan ddefnyddio tebygolrwydd. Felly, mae ganddo'r potensial i gynhyrchu sefyllfa wrthffeithiol fwy cywir ac mae'n llwybr addawol ar gyfer ymchwil bellach.

Un cyfyngiad allweddol i'w ystyried yw ei fod yn gwneud y diffiniad o arbedion ynni a fesurir yn fwy cymhleth ac yn anoddach ei ddehongli ar gyfer defnyddwyr annhechnegol, felly bydd yn rhaid meddwl sut i gyfleu hyn yn effeithiol i randdeiliaid. Bydd hefyd yn golygu llawer mwy o gostau o ran cyflymder ac adnoddau cyfrifiadurol – yn enwedig os yw'n cael ei gynnal ar gyfer llawer o eiddo.

Argymhellion ar gyfer ymchwil ddilynol

Mae nifer o brosiectau dilynol penodol a fyddai'n cefnogi'r nod o sicrhau bod protocol hygyrch ar gael ar gyfer arbedion ynni mesuredig ar draws y rhan fwyaf o achosion defnydd:

1. Canolbwyntio ar roi mynediad at ddata mesuryddion clyfar (yn enwedig nwy) at ddibenion ymchwil a datblygu. Gallai hyn gynnwys lwfans cyllido bach y gellir ei ddefnyddio i ad-dalu darparwyr trydydd parti ddata am gost yr ymdrech weinyddol wrth ddarparu eu setiau data. Dylai cofrestr ganolog o setiau data gyda disgrifiadau sy'n cynnwys y math o ddata a gynhwysir ac unrhyw ofynion mynediad gael ei sefydlu a'i chynnal gan sefydliad pwrpas cyhoeddus (ee Energy Systems Catapult neu'r Building Performance Network)
2. Mireinio a chynhyrchu'r dulliau cyfrifo dyddiol a ddisgrifir yn yr adroddiad hwn ar gyfer gwerthusiadau ôl-osod un annedd a phortffolio, gan gynnwys creu rhyngwynebau defnyddwyr, APIs ac ati sy'n galluogi defnydd eang. Dilysu casgliadau'r adroddiad hwn gan ddefnyddio sampl mwy, sy'n fwy cynrychioladol o gartrefi.
3. Ymestyn y methodolegau presennol a'r pecynnau ffynhonnell agored ar gyfer data fesul awr i weithio gyda data fesul hanner awr.
4. Ymchwil a datblygu ar ddulliau bob hanner awr a fydd yn caniatáu amser arbedion a chymwysadau siapio llwyth, gan gynnwys:
 - o dulliau tebygoliaethol i ddelio'n well â chyfnodau brig annisgwyl o ran defnydd o ynni yn y cartref
 - o effeithiau data esboniadol ychwanegol gan gynnwys:

- dadgyfuno'r defnydd gan ddefnyddio isfesuryddion a/neu fonitro llwythi anymwithiol
 - data a modelu ymddygiad defnyddwyr ynni
5. Ymchwil sy'n archwilio'r pwyntiau allweddol/newidiadau sylweddol yn y cyfaddawdau rhwng modelu cywirdeb a natur ymwthiol/cost wrth ystyried casglu data ychwanegol.
 6. Gallai ymestyn y modelau presennol i weithio gyda data hanner awr fod yn ddymunol ar gyfer achosion defnydd yn y DU lle mae tariffau ac allyriadau CO₂ ar gael (neu y byddant ar gael) fesul hanner awr.

Atodiad

Atodiad 1. Adolygiad Manwl o Ddulliau Modelu Dull Modelu

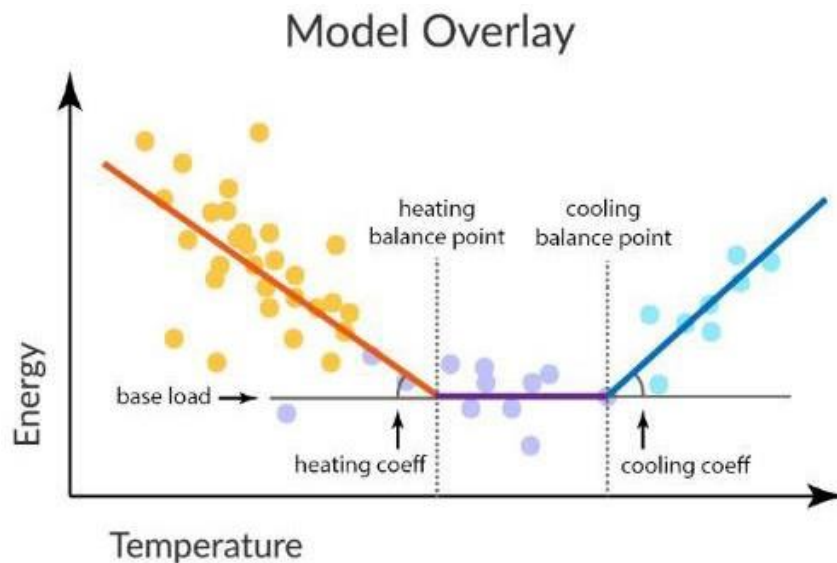
1: CalTRACK

Mae CalTRACK yn ddull a ddatblygwyd ar gyfer adeiladau masnachol sy'n defnyddio model llinol syml i asesu'r arbedion ynni o ymyrraeth yn wrthffeithiol. Mae CalTRACK, fel dull, ar gael i'r cyhoedd drwy [fesurydd effeithlonrwydd ynni agored](#) (Suffian, 2021). Mae CalTRACK yn darparu dau ddull o fodelu yn seiliedig ar ba ddata sydd ar gael: bilio neu fesurydd clyfar.

Defnyddio Data Bilio

Diffinnir data bilio fel data a ddarperir drwy filiau gan gyflenwyr ynni. Fel arfer, mae hyn yn digwydd yn fisol, ac felly rydym yn disgwyl i nifer cyfyngedig o bwyntiau data gael eu hystyried drwy gydol yr amserlen.

Mae'r model yn defnyddio dull llinol fesul darn. O ystyried gofynion oeri adeilad ar ôl cyrraedd tymheredd penodol, mae'n tybio y bydd y gofyniad oeri (ac felly'r defnydd o ynni) yn llinol i'r CDD (diwrnod gradd oeri), ac y bydd y gofyniad gwresogi, os bydd y tymheredd yn disgyn o dan rhif penodol, hefyd yn llinol i HDD (diwrnodau gradd gwresogi). Yn y canol, mae amrediad tymheredd (ond ychydig iawn), lle nad oes angen gwresogi nac oeri.



Ffigur 20 – Mae CalTRACK yn defnyddio atchweliad fesul darn ar sail diwrnodau gradd gwresogi/oeri

Mae atchweliad fesul darn yn defnyddio'r Gwall Sgwâr Cymedrig (MSE) fel y swyddogaeth amcan sydd i'w lleihau.

Mae model CalTRACK yn ystyried y mewnbynnau enghreifftiol canlynol:

- CDD/HDD (normaleiddio ar gyfer defnydd ynni sy'n ddibynnol ar dymheredd sy'n deillio o oeri/gwresogi)
- Amser yr Wythnos (normaleiddio ar gyfer amrywiadau mewn deiliadaeth dros gyfnod o wythnos)
- Defnydd o drydan (neu nwy) (y newidyn annibynnol)

Defnyddio Data Fesul Awr

O ystyried argaeledd data o fesuryddion clyfar, h.y. data 15 munud neu 30 munud o ddefnydd o ynni, gellir creu modelau sy'n darparu canlyniadau mwy cywir. I'r perwyl hwn, defnyddir model CalTRACK, model TOWT (amser yr wythnos a'r model tymheredd) (Mathieu, 2011). Dewiswyd y model hwn i'w gymharu oherwydd ei fod yn cael ei dderbyn gan y diwydiant yn yr Unol Daleithiau, a'r awydd i addasu ac atgynhyrchu'r dull hwn ar gyfer cyd-destun y DU, sy'n golygu bod angen ystyried y defnydd o nwy.

Mae'r dull yn defnyddio data flwyddyn cyn yr ymyriad, fesul mis, gan neilltuo'r swm lleiaf sgwariau pwysol. Felly, mae gennym ddull gweithredu sydd â 12 model, un ar gyfer pob mis. Er enghraifft, os ydym yn bwriadu rhagweld faint o ynni a ddefnyddir yn ystod mis Gorffennaf, byddwn yn defnyddio data mis Gorffennaf y flwyddyn flaenorol gyda phwysau o 1, a bydd mis Mehefin a mis Awst y flwyddyn flaenorol yn cael pwysoliad o 0.5.

Mae'r wythnos yn cael ei rhannu'n 168 awr rhwng hanner nos dydd Llun a hanner nos y dydd Llun canlynol, a rhoddir gwerth unigryw i bob awr. Mae'r tymheredd allanol yn cael ei roi mewn "biniau", lle mae'r data'n cael ei rannu'n gyfnodau bach ac yn cael ei ddisodli gan werth sy'n cynrychioli'r cyfnod hwnnw (h.y. mae gwerthoedd o 3.25 – 3.34 yn cael eu "binio" fel 3.3), er mwyn lleihau effeithiau mân wallau arsylwi. Yna defnyddir y "biniau" hyn fel mewnbwn i'r model, sy'n lleihau'r llwyth cyfrifiadurol sydd ei angen ar gyfer modelu ac yn dileu rhywfaint o sŵn, gan helpu i adnabod patrymau. Felly, gallwn weld bod gan y model amser o'r wythnos a thymheredd fel mewnbynnau.

Mae'r dull hefyd yn ceisio rhannu'r defnydd yn ôl oriau pan fo pobl yn yr adeilad a phan fo neb yn yr adeilad. Mae'r awduron yn gwneud hyn drwy adeiladu model atchweliad wedi'i bwysoli yn gyntaf ar gyfer defnydd ynni fesul awr gan ddefnyddio HDD, CDD a defnydd cymedrig. Ar gyfer y cyfnod sylfaen, maen nhw'n cymhwyso hyn i bob pwynt data ac yn cynhyrchu allbwn a ragwelir, os yw'r allbwn a ragwelir yn llai na'r gwir allbwn, yna mae'r amser hwnnw'n cael ei nodi fel allbwn heb ei ragweld. Rydym yn cyfuno data fesul pwynt o'r wythnos, os gwelir nad yw 65% neu fwy yn cael eu rhagweld yn ddigonol, yna rydym yn dosbarthu'r amser hwnnw o'r wythnos fel amser lle nad oes neb yn yr adeilad.

Mae'r model, ar ôl cael ei hyfforddi ar ddata blwyddyn, yn cael ei brofi ar ddata'r flwyddyn ganlynol, sef y prawf a fydd yn asesu gallu'r model i ragweld.

Crynodeb

Defnyddiwyd dull CalTRACK, yn y ddwy ffurf, mewn cynlluniau talu am berfformiad (P4P) yng Nghalifornia. Mae'r model wedi cael ei ddefnyddio ar safleoedd diwydiannol, lle mae systemau gwresogi ac oeri (HVAC) yn defnyddio trydan. Nid yw'r dull yn cael ei ddefnyddio ar safleoedd unigol fel arfer, ond gyda'r nod o edrych ar bortffolios o asedau a chyfrifo eu harbedion ynni drwy ymyriad.

Dull Modelu 2: SENSEI

Mae'r dull SENSEI, a ddatblygwyd drwy raglen HORIZON 2020, yn dilyn dull tebyg i ddull CalTRACK gydag argaeledd data mesuredig. Mae dull CalTRACK yn ceisio edrych ar adegau o'r wythnos pan fo pobl yn bresennol a ddim yn bresennol, a datblygu model ar gyfer pob un, a nod SENSEI yw datblygu nodweddion mwy datblygedig a'u defnyddio i ragweld y defnydd o ynni.

Mae'r model yn gofyn am set ddata defnydd ynni a thymheredd aer allanol gyda'r nodweddion

canlynol:

- **Nid oes gwerthoedd dyblyg yn stampiau amser y set ddata.** Caiff stampiau amser dyblyg eu trin ar wahân ar gyfer defnyddio ynni ac ar gyfer data tymheredd. Yn y ddau achos, os yw amrediad y defnydd o ynni neu'r gwerthoedd tymheredd sy'n rhannu stamp amser yn fyr – yn ôl trothwy a ddiffiniwyd gan y defnyddiwr – maent yn cael eu disodli gan eu cyfartaledd. Fel arall, maent yn cael eu trin fel gwerthoedd coll.
- **Nid oes gwerthoedd ar goll yn stampiau amser y set ddata.** Os oes stamp amser ar goll, byddant yn cael eu hychwanegu a bydd y data perthnasol yn cael ei drin fel gwerthoedd coll.
- **Mae allanolynnau posibl yn cael eu nodi a'u marcio.** Mae canfod allanolynnau yn cael ei wneud ar wahân ar gyfer defnyddio ynni ac ar gyfer data tymheredd.
- **Mae digon o ddata ar gael ar gyfer defnydd ynni'r adeilad sy'n cael ei astudio.** Rhaid i ddata sylfaenol ar y defnydd o ynni gwmpasu o leiaf un flwyddyn lawn cyn unrhyw ymyriad effeithlonrwydd ynni. Yn ogystal, a mabwysiadu gofynion data set o ddulliau [CalTRACK \(CalTRAK, n.d.\)](#), rhaid i ddata fod ar gael am dros 90% o oriau ym mhob mis calendr – **ar ôl eithrio'r allanolynnau posibl.**
- **Nid oes gwerthoedd ar goll yn y data tymheredd aer allanol.** Os yw data tymheredd ar goll, mae'r gwerthoedd coll wedi'u priodoli. Mae tymheredd yr aer allanol yn newid yn esmwyth o un awr i'r nesaf, felly mae rhyngosod dros gyfnod o 6 awr o amgylch arsylwad coll yn ddull synhwyrol ar gyfer priodoli. Mae hyn yn unol â gofyniad CalTRACK na fydd data tymheredd ar goll am fwy na chwe (6) awr yn olynol.

Mae'r biblinell cyn-brosesu hefyd yn nodi allanolynnau yn lleol ac yn gyffredinol ar ôl i'r data gael ei fwydo drwy hidlydd cyffredinol (ee dileu gwerthoedd defnydd negatif neu sero) a hidlydd tymhorol, sy'n cofnodi cylch tymhorol y data drwy ddull dadelfennu tueddiadau a thymhorol sy'n defnyddio ehangiad cyfres Fourier. Yn olaf, mae gwerthoedd tymheredd coll yn cael eu priodoli, ac mae digonolrwydd y data'n cael ei brofi i sicrhau bod digon o ddata hyfforddi ar gael.

Wrth feddwl am ddatblygu nodweddion, nod awduron y dull SENSEI yw datblygu nodweddion gan ddefnyddio data defnydd o fesuryddion clyfar, y gellir eu trosi i ddyddiad/amser i'w defnyddio at ddibenion rhagfynegi.

Mae'r dull yn datblygu nodweddion i ddechrau drwy 'grwpio diwrnodau'. Mae'r dull cynhyrchu nodweddion hwn yn defnyddio proffilio matrices i ddod o hyd i nifer fach o batrymau rheolaidd yn y data unwaith y dydd/mwy nag unwaith y dydd. Y nod yw y bydd dod o hyd i batrymau achlysurol bach mewn proffiliau defnydd sy'n bell/anghyffredin i'w gilydd yn helpu i wahanu'r gyfres amser ac yn helpu i adnabod proffiliau defnydd yn hawdd. Nod yr awduron yw defnyddio'r patrymau cylchol hyn a'u trosi'n nodweddion amser, y gellir eu defnyddio wedyn at ddibenion rhagfynegi.

Gellir defnyddio'r dull grwpio diwrnodau, sy'n canfod y patrymau cyflwr adeiladu hyn lle bo hynny'n bosibl, ar broffiliau dyddiol cyflawn neu ar unrhyw nifer o gyfnodau nad ydynt yn gorgyffwrdd bob dydd. I ddechrau, mae awduron SENSEI wedi tybio tri chyfnod o 8 awr nad ydynt yn gorgyffwrdd: 00:00-08:00, 08:00-16:00 a 16:00-00:00. Drwy rannu pob cyfnod 24 awr yn dri segment, wyth awr o hyd, mae'r dull yn cyfrifo proffiliau cyfeirio unigryw (cyfresi sy'n annhebyg) drwy gymharu pob segment â gweddill y data. Cyfrifir y gymhariaeth gan ddefnyddio metrig pellter, MMD, yr anghysondeb cymedrig mwyaf. Nawr bod y nodwedd tebygrwydd proffil wedi'i datblygu, gall y model ei throsi'n nodwedd diwrnod/amser. Mae'r model yn gwneud hyn drwy ddefnyddio *dysgu metrig pellter*. Mae'r dull wedyn yn darparu'r nodweddion dydd/amser hyn y gellir eu mewnbwnnu i fodel atchweliad. Mae'r awduron yn defnyddio coeden benderfynu atgyfnerthu graddiant.

Dyma'r nodweddion mewnbynnu:

1. Grwpio diwrnodau
2. Tymheredd allanol
3. Diwrnod o'r wythnos
4. Awr o'r dydd

Mae'r awduron yn defnyddio'r metrigau Gwall Isradd Sgwâr Cymedrig wedi'u Croes-Ddilysu (CV(RMSE)) a Gwall Absoliwt Cymedr wedi'i Normaleiddio (NMAE) i werthuso allbynnau'r model.

Gan fod y dulliau blaenorol wedi ceisio datblygu nodweddion â llaw, nod y dull hwn yw eu cynhyrchu'n awtomatig a'u trosi'n newidynnau sy'n dibynnu ar amser. Mantais hyn yw eich bod yn gallu creu nodweddion a dod o hyd i segmentau sy'n llawer anoddach i'w creu â llaw.

Dull Modelu 3: Peiriant Atgyfnerthu Graddiant

Mae Peiriant Atgyfnerthu Graddiant, yn fath o fodel dysgu peiriannol a ddefnyddir ar gyfer atchweliad a dosbarthu. Mae Peiriant Atgyfnerthu Graddiant yn ffitio i mewn i'r categori o fodelau a elwir yn ddulliau ensemble. Nod y dulliau hyn yw dod â modelau sy'n perfformio'n wan (coed penderfynu, modelau llinol ac ati) at ei gilydd a chreu model sy'n perfformio'n gryf ar gyfer y dasg.

Mae'r dull, a ddatblygwyd gan labordy Cenedlaethol Lawrence Berkeley neu LBNL (TOUZANI, 2018) yn defnyddio model Peiriant Atgyfnerthu Graddiant (coed penderfynu) sy'n ystyried y mewnbynnau model canlynol:

1. Tymheredd aer allanol
2. Data mesurydd clyfar
3. Amser yr wythnos
4. Gwyliau Ffederal yr Unol Daleithiau

Mae'r awduron yn defnyddio dull Croes-Ddilysu plyg 'k'. Mae hyn yn cynnwys rhannu'r set ddata hyfforddi ar hap yn is-samplau k , a elwir hefyd yn blygiadau. Y model cyntaf yw hyfforddi gan ddefnyddio plygiau $k-1$, a'u profi ar blyg 'k'. Defnyddir Gwall Isradd Sgwâr Cymedrig (RMSE) i gyfrifo'r gwall (h.y. swyddogaeth amcan i'w lleihau). Y gwerth ar gyfer k , oedd $k=5$.

Mae gan y model Peiriant Atgyfnerthu Graddiant bedwar uwchbamedr hefyd y gellir eu tiwnio: nifer yr iteriadau, dyfnder y goeden benderfynu, y gyfradd ddysgu, a chyfran y data a ddefnyddir ar bob cam hyfforddi. Defnyddiwyd chwiliad grid i asesu'r cyfuniad gorau o uwch-bamedrau.

Profwyd y model ar set ddata o 410 o adeiladau masnachol ar draws UDA (Washington D.C, Seattle) sy'n cynrychioli parthau hinsawdd ASHRAE 3 a 4. Rhannwyd y data yn hyfforddiant a set o brofion. Diffinnir y prawf fel 12 mis olaf y data. Hyfforddwyd y model gan ddefnyddio cyfnodau hyfforddi 6 a 12 mis.

Wrth feddwl am ddefnyddio data cyn-ymyrraeth (h.y. y set hyfforddi), byddem fel arfer yn ystyried y ffaith y dylid defnyddio cyfnod o 12 mis, gan ei fod yn cynnwys amser defnyddio brig (yn ystod yr haf neu'r gaeaf yn dibynnu ar eich rhanbarth). Yn ddiddorol, mae'r awduron yn dangos bod defnyddio gwerth 6 mis o ddata ond ychydig yn llai cywir na defnyddio 12 mis o ddata at ddibenion rhagfynegol.

Mae'r awduron yn dangos bod defnyddio'r model Peiriant Atgyfnerthu Graddiant yn fwy cywir na'r

model TOWT. Fodd bynnag, gellir dweud nad yw'r canlyniadau'n arwyddocaol.

Mae [gweithredu ffynhonnell agored](#) wedi cael ei gyhoeddi gan LBNL (Labordy Cenedlaethol Lawrence Berkeley, n.d.).

Atodiad 2: Allbynnau SMETER a'u Perthnasedd:

Mae'r adran ganlynol yn cyflwyno ac yn trafod allbynnau'r Rhaglen Arloesi ar gyfer Sgoriau Effeithlonwydd Thermol wedi'u Galluogi gan Fesuryddion Clyfar (SMETER), gan dynnu'n uniongyrchol o [Adroddiad Gwerthuso Technegol](#) y prosiect (Allinson, 2022). Ariannwyd Rhaglen Arloesi SMETER y DU gan yr Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol (BEIS) o 2019 i 2022. Mae technolegau SMETER yn defnyddio algorithmau i gyfrifo'r Cyfernod Trosglwyddo Gwres (HTC) ar gyfer cartrefi wedi'u meddiannu o ddata mesuryddion clyfar ac amcan y rhaglen hon oedd gwerthuso dulliau HTC a ddatblygwyd yn ddiweddar, y mae rhai ohonynt eisoes wedi cael eu defnyddio ar nifer sylweddol (cannoedd hyd at filoedd) o eiddo. Mae rhai technolegau SMETER hefyd yn cynnwys neu'n ei gwneud yn ofynnol i synwryddion a dyfeisiau monitro gael eu gosod yn y cartref i fesur y paramedrau sy'n ofynnol gan yr algorithmau hynny. Roedd wyth sefydliad a oedd yn cymryd rhan (A-H, fel y dangosir yn Nhabl 7) a oedd yn datblygu eu technolegau SMETER eu hunain wedi cymryd rhan yn nhrefalon maes Cam 2 y Gwerthusiad Technegol o Brosiect Technolegau SMETER (TEST), ar ôl cwblhau clwydi Cam 1 yn llwyddiannus gan ddefnyddio data efelychiadol.

Cynhaliwyd treialon maes Cam 2 mewn 30 o gartrefi a oedd yn eiddo i Halton Housing yng ngogledd-orllewin Lloegr. Roedd y cartrefi'n cynnwys tai deulawr a byngalos un llawr (un ar wahân, 10 pâr a 19 pen teras), a adeiladwyd rhwng tua 1927 a 1990, gydag arwynebeddau llawr rhwng 38m² ac 83m², a bandiau EPC o C neu D. Dewiswyd y cartrefi oherwydd eu bod yn nodweddiadol o dai arferol y DU, roeddent yn wag am gyfnod cyn y treialon maes ac yn gallu cynhyrchu data a fyddai'n darparu gwerthusiad cadarn o'r holl dechnolegau SMETER. Nid oedd y cartrefi'n sampl gynrychioliadol o unrhyw stoc tai penodol. Gosodwyd mesuryddion clyfar ym mhob cartref i fesur y galw am nwy a thrydan, a gosodwyd synwryddion tymheredd a lleithder cymharol mewn pump i wyth ystafell ym mhob cartref.

Tabl 7: Disgrifiad o bob un o'r technolegau SMETER (ffynhonnell)

SMETER	Participating organisation	Identifier	Brief description of each SMETER technology and product installed for this trial ¹
A	Building Research Establishment	BRE	Used only smart meter data and required no additional hardware product in the home. Required data that could be found in an EPC survey, plus: number of bedrooms.
B	Build Test Solutions	BTS	Five wireless and battery-powered sensors (temperature and relative humidity) that report to a hub. The hub was connected to the internet. Required data that could be found in an EPC survey, plus: floorplan; and type, area, and orientation of each window.
C	Cambridge Architectural Research	CAR	A proprietary heating controller with a touch screen interface (with temperature sensor), wireless boiler receiver unit, and five wirelessly controlled (battery powered) motorised TRVs (with temperature sensors) to install on radiators. Additionally, five wireless battery-powered sensors (each measuring temperature, relative humidity, light, and motion detection) report to a hub. The hub and the heating controller were connected to the internet. Required data that could be found in an EPC survey.
D	Centre for Sustainable Energy	CSE	Seven battery-powered data logging air temperature sensors, placed in different rooms, and then mailed back to the participating organisation at the end of monitoring. Included a shielded external air temperature sensor mounted to an external wall. No other information about the home was required.
E	EDF	EDF	Used only smart meter data and required no additional hardware product in the home or any other information about the home.
F	Hoare Lea	HOA	Four wireless battery-powered sensors (temperature and relative humidity) that report to a hub. The hub was connected to the internet. Required data that could be found in an EPC survey, plus: floorplan.
G	Passiv UK	PAS	Two battery-powered wireless sensors (temperature and relative humidity) connected to the local Sigfox wireless network. Required data that could be found in an EPC survey, plus: floorplan, number of bedrooms, number of occupants.
H	Switchee	SWI	A proprietary smart heating controller. The heating controller measured temperature, relative humidity, and motion detection. There were no additional sensors, and no external internet connection (the participant reported GSM cellular communications were built into the system). Required data that could be found in an EPC survey, plus: floorplan; and type, area, and orientation of each window

Nawr bod y dulliau a'r mewnbynnau data wedi'u sefydlu ar gyfer y gwahanol sefydliadau sy'n cymryd rhan mewn SMETER, mae'n bwysig adolygu cywirdeb a hyder wrth ddefnyddio'r dulliau hyn. Mae'r wybodaeth hon yn ddefnyddiol ar gyfer cyd-destunoli cywirdeb a hyder yn ein methodolegau/dulliau modelu arfaethedig a drafodwyd yn gynharach yn yr adroddiad hwn (Adran o'r enw "Cymwysiadau"). Fel y disgwylir mewn rhaglen arloesi, mae'r canlyniadau'n addawol ond mae'n debygol y bydd angen eu mireinio ymhellach mewn rhai o'r technolegau a werthuswyd i "berfformio'n well" na methodolegau safonau presennol y diwydiant.

Mae hyn yn cael ei ddangos gan y data yn Nhabl 7, sy'n dangos bod cyfradd llwyddiant SMETER yn amrywio o 70% i 97%, sy'n golygu bod canlyniad SMETER (HTC wedi'i gyfrifo, gan gynnwys y cyfwng hyder o 95%) wedi cael ei gymharu'n uniongyrchol â'r HTC a gafwyd gan ddefnyddio prawf gwresogi ar y cyd safonol y diwydiant (a gafodd ei ailenwi'n ddiweddar yn 'ddull cyfanswm y gwres a gollwyd mewn adeilad cyfan'), gyda'r cyfyngau hyder canlyniadol yn gorgyffwrdd.

O ystyried metrigau modelu ehangach, gwelwn amrywiaeth eang mewn cyfyngau hyder (33%-12%), Gwall Tuedd Cymedr neu NMBE (-29.9% i -0.7%) a'r Cyfernod Amrywiad (Gwall Isradd Sgwâr Cymedrig) neu CVRSMSE (38.9% i 13.4%). Er bod y canlyniadau hyn yn darparu meincnod da ar gyfer dulliau modelu yn y dyfodol, dylid nodi bod y canlyniadau a gyflwynir yn Nhabl 7 isod yn cynrychioli modelu'r cyfernod trosglwyddo gwres. I'r gwrthwyneb, nod yr adroddiad hwn yw cynhyrchu allbynnau sy'n ymwneud â'r defnydd o ynni wedi'i fodelu ar gyfer y tŷ cyfan. Dylid nodi bod defnyddio HTC wedi'i fodelu i ragweld ynni gwresogi adeilad (yn ôl yr angen, yn seiliedig ar dymheredd mewnol ac allanol) yn haws na defnyddio modelu i ragweld defnydd ynni yn y dyfodol yn seiliedig ar ddefnydd ynni blaenorol.

Tabl 8: Crynodeb o fetrigau wedi'u modelu a meini prawf llwyddiant ar draws yr allbynnau a ddarparwyd gan gyfranogwyr SMETER.

Aspect	Criterion	SMETER							
		A BRE	B BTS	C CAR	D CSE	E EDF	F HOA	G PAS	H SWI
Accuracy	Number attempted	27	30	26	30	27	27	27	30
	Success rate	70%	93%	85%	77%	96%	96%	93%	97%
	Average CI declared	33%	18%	12%	18%	26%	14%	33%	21%
	NMBE	-26.9%	-2.1%	-10.9%	9.8%	4.1%	-7.7%	-13.1%	-0.7%
	CVRMSE	38.9%	15.2%	20.3%	28.2%	17.4%	15.9%	24.4%	13.4%
	NMBE better than expert RdSAP (-2.8%)?	*	✓	*	*	*	*	*	✓
	CVRMSE better than expert RdSAP (18.2%)?	*	✓	*	*	✓ ¹	✓	*	✓
	NMBE better than commercial RdSAP (-1.1%)?	*	*	*	*	*	*	*	✓
	CVRMSE better than commercial RdSAP (19.6%)?	*	✓	*	*	✓	✓	*	✓

Mae'r metrigau modelu hyn yn gosod meincnod defnyddiol ar gyfer cymharu ein methodolegau arfaethedig neu ddulliau modelu, ond mae'n rhaid eu hystyried ochr yn ochr â'r nodweddion data sy'n cael eu mewnbynnu i'r model, gyda mwy o nodweddion data niferus yn cynyddu cost gwerthuso trafodion. Yn ogystal, gall setiau data neu ddulliau casglu data prosiect SMETER gynrychioli setiau data gwerthfawr ar gyfer ymchwil ac ystyriaeth yn y dyfodol. Ar gyfer cyfeirio ac asesu pellach, roedd y ddwy dechnoleg SMETER sy'n perfformio orau (yr isaf o ran CVRMSE a NMBE sydd agosaf at sero) yn fwy cywir na'r arbenigwr RdSAP: SMETER B (BTS, NMBE -2.1%, CVRMSE 15.2%) a SMETER H (SWI, NMBE -0.7%, CVRMSE 13.4%). Mae'r ddwy dechnoleg hyn yn defnyddio dull cyfrifo BTS Smart HTC.

Roedd y cyfranogwyr hyn yn defnyddio amrywiaeth o nodweddion data, gyda nifer y synwryddion ystafell yn amrywio o 0 i 5, ac roedd yn rhaid i SMETER B gael ei osod gan weithiwr proffesiynol, rhaid cael rheolydd gwresogi, ac arolwg cartref ychwanegol. Mae'r cyfnod asesu cyfartalog hefyd yn bwysig ac yn amrywio'n sylweddol, o 22 diwrnod i 74 diwrnod, er bod y ddau ddull yma sy'n "perfformio orau" yn defnyddio cyfnodau data byrrach na'r cyfartaledd (99 diwrnod), ac yn is o lawer na'r cyfnod data hiraf sef 311 diwrnod, sy'n dangos nad maint y data asesu yw'r prif ffactor sy'n pennu cywirdeb modelau.

O edrych ar gyfranogwyr sy'n defnyddio ychydig iawn o nodweddion data, gwelir nad oes angen synwryddion ystafell (fel y dangosir yn nulliau E a H) ar gyfer cyfraddau llwyddiant uchel ac ystadegau modelu cadarnhaol (NMBE/CVRSE) ar gyfer HTC, er bod gan bob un o'r dulliau hyn (A, E, H) lefelau hyder uwch na'r cyfartaledd. Fodd bynnag, ni ddylid goramcangyfrif effaith ychydig iawn o nodweddion data, gan fod Dull E wedi sicrhau cywirdeb da, er bod ganddo fwy o ragfarn na'r RdSAP arbenigol, gyda'r ffactor cost/cynulleidioldeb isaf (T1a: dim ond data Mesurydd Clyfar sydd ei angen).

Er bod y rhaglen SMETER yn canolbwyntio ar sefydlu cyfernod trosglwyddo gwres amlen adeiladau, dylid edrych yn fanylach ar y setiau data a'r dulliau methodolegol canlynol i bennu unrhyw ddefnydd neu ystyriaeth bosibl mewn ymchwil yn y dyfodol ar ragfynegi arbedion ynni, gan eu bod yn debygol o ddarparu safbwyntiau craff ar y nodweddion data sydd eu hangen i fodelu effeithlonrwydd gwresogi adeiladau, sy'n bryder mawr wrth i system wresogi gyfunol y DU yn cael ei datgarboneiddio yn y blynyddoedd i ddod:

1. Rheoli gwres, EPC a data arolwg ychwanegol o Ddull H
2. Data synhwyrdd ystafell o Ddulliau B ac F
3. Data Mesuryddion Clyfar o Ddull E

Tabl 9: Crynodeb o'r mewnbynnau data a'r goblygiadau o ran cost/cyfleustra sy'n gysylltiedig â gweithredu dulliau mesur a modelu cyfranogwyr SMETER.

Aspect	Criterion	SMETER							
		A BRE	B BTS	C CAR	D CSE	E EDF	F HOA	G PAS	H SWI
Duration	Average length of data period used by participants (self-reported, days)	208	22	101	21	311	51	7	74
Cost or convenience	Total number of room sensors	0	5	5	8	0	4	2	0
	Heating controller included			✓					✓
	Professional install?			✓ ²	✓ ³				✓ ²
	Uses data from an EPC survey	✓	✓	✓			✓	✓	✓
	Requires additional home survey	✓	✓				✓	✓	✓
	Type ⁴ of SMETER product	T1b	T3	T4	T2	T1a	T3	T3	T4

Ochr yn ochr â'r cwestiynau methodolegol allweddol hyn y mae angen eu hystyried ymhellach, cynhyrchodd y prosiect SMETER amrywiaeth o ganfyddiadau perthnasol eraill. Mae'r rhain yn cael eu crynhoi isod ynghyd â'u harwyddocâd o ran arbedion mesuredig yn y DU yn gyffredinol:

- I ddechrau, dywedodd 97% nad oeddent yn sylwi ar y cynnyrch SMETER yn eu cartrefi.
 - Mae hyn yn dangos nad oes angen i fesuryddion ychwanegol effeithio ar gysur na chyfleustra'r preswylwyr.
- Dywedodd 93% y byddent yn hapus i gael cynnyrch SMETER yn eu cartref am byth a byddai'r 7% sy'n weddill yn fodlon i gynnyrch SMETER gael ei osod am 6 mis.
 - Mae hyn yn dangos nad oes angen i fesuryddion ychwanegol effeithio ar gysur na chyfleustra'r preswylwyr. Fodd bynnag, dylid holi preswylwyr i ganfod eu hawydd i gael mesuryddion ychwanegol yn y tymor hir
- Roedd 7% o gartrefi yn teimlo bod angen soced plwg ar gyfer y SMETER yn anghyfleus.
 - Mae hyn yn dangos pwysigrwydd rhoi'r dewis i breswylwyr ddewis pa soced plwg sy'n cael ei ddefnyddio ar gyfer mesuryddion, neu'r dewis i gynnwys cebl estyniad fel nad yw'r mesurydd yn atal y soced plwg rhag cael ei ddefnyddio. Rhaid cydbwysu'r anhwylystod o gael un soced plwg yn llai ar gael â'r anhwylystod o ddarparu mynediad i ddarparwyr mesuryddion i newid batris dyfeisiau mesur.
- Dywedodd 13% o aelwydydd nad oeddent yn hoffi'r golau sy'n fflachio ar rai o'r synwryddion a osodwyd ar gyfer monitro'r prosiect TEST.
 - Dylid cynnig cynnyrch mesur ychwanegol gyda gorchudd ar gyfer unrhyw oleuadau sy'n fflachio, neu gyngor i breswylwyr ar sut i orchuddio goleuadau sy'n fflachio gyda thâp tryloyw neu dywyll. Gyda'r cyngor hwn, dylai'r darparwr mesuryddion neu'r deiliad wirio'n rheolaidd bod y ddyfais fesur yn gweithio yn ôl y disgwyl.

Atodiad 3: Prif Bwyntiau a Thrawsgrifiadau Cyfweiliadau

[Dylid ystyried cynnwys yr adran hon yn gyfrinachol, ac ni ddylid ei rannu heb ganiatâd penodol awduron yr adroddiad hwn. Mae'n bosibl y bydd yr adran hon yn cael ei chyhoeddi, yn amodol ar gymeradwyaeth gan y rheini a gafodd eu cyfweild.]

Cyfranogwr/Arbenigwr y Diwydiant	Arbenigedd Diwydiant
Charlie Edwards o SSEN (ar adeg y cyfweiliad)	Dadansoddwr Rhwydwaith
Adrian Wright o Happy Energy	Cychwynnwr/Gwerthuswr Ôl-osod
Adriano Figueiredo o Fractal Networks	Cychwynnwr Ôl-osod/Rhwydwaith

Dyma'r prif bwyntiau sy'n ymwneud ag achosion defnydd a dulliau gweithredu:

Gwerthuso Perfformiad Ôl-osod Anheddau Unigol (I'w ddefnyddio o fewn Safon PAS 2035/BSI):

- Mae dilysu ar safleoedd unigol yn arbennig o anodd. Fodd bynnag, gall newidiadau i'r polisi presennol newid lefel y cywirdeb sydd ei angen wrth i ôl-osod gael ei gyflawni ar raddfa fwy. Mae'n debygol y bydd lefel yr hyder i ddilysu ar safleoedd unigol yn deillio o faint o ddata hanesyddol eglur iawn sydd ar gael, a'r mesurau arbed ynni a ddefnyddir.

- Ni fyddai'r angen am gydlynnydd ôl-osod PAS 2035 medrus yn cael ei negyddu gan y fethodoleg safonol hon. Gall y fethodoleg hon ganolbwyntio ar ddiffiniad clir o safonau data mewnbwn a digonolrwydd, gyda rôl dilysu data'n awtomataidd ar gyfer gwahanol lefelau o hyder neu ddefnyddio proffiliau achos defnydd.
- Mae mynediad at ddata mesuryddion clyfar yn dal yn rhwystr allweddol ar gyfer cyflawni'r gwaith o werthuso perfformiad ôl-osod anheddau unigol.

Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu a dilysu Gwasanaethau Rhwydwaith (Hyblygrwydd):

- Nid yw'r farchnad hyblygrwydd wedi cyrraedd digon o aeddfedrwydd eto ar lefel breswyl i ddefnyddio'r methodolegau safonol sy'n cael eu datblygu gan y prosiect hwn. Fodd bynnag, mae cofnodi newidiadau amser defnyddio yn berthnasol iawn i'r farchnad hon ac i farchnadoedd eraill, fel y rhai sy'n ymwneud â chapasiti rhwydwaith pan fydd y defnydd ar ei uchaf. Felly, mae'r fethodoleg hon yn cynrychioli gwaith datblygiadol pwysig sydd ei angen i gefnogi dyfodiad marchnadoedd hyblygrwydd preswyl.
- Rhaid cyfateb y gwaith datblygiadol a wneir gan y prosiect hwn i newidiadau strwythurol mewn marchnadoedd hyblygrwydd a'r dulliau mesur a dilysu a ddefnyddir ganddynt, sy'n aml yn ôl-weithredol ac yn dibynnu ar lefelau uchel o fanylrwydd ystadegol. Ymysg y newidiadau strwythurol a godwyd roedd rolau gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu fel deiliaid a gosodwyr prisiau, a hynny fel cydlynwyr seilwaith a systemau.
- Dylai'r fethodoleg/methodolegau terfynol alluogi rheolwyr asedau i gwblhau gwerthusiad mewnol cywir y gellir ei archwilio, er mwyn i ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith allu adolygu hyn yn annibynnol. Dylai'r gwerthusiad hwn fod yn fanwl dros amser o hyd at 4 blynedd, ond dylai hefyd gadw costau trafodion ar lefel mor isel â phosibl. Gall cwmnïau cyn-cymhwyso a phortffolios asedau leihau costau trafodion ymhellach.
- Ochr yn ochr â newidiadau strwythurol a newidiadau mewn marchnadoedd, dylid datblygu lefel safonol o brawf, neu brawf profi, ar y cyd. Dylai'r prawf profi hwn gyd-fynd â datblygu marchnadoedd hyblyg deinamig, ond bydd angen ymgysylltu'n drylwyr â rhanddeiliaid i sicrhau nad yw unrhyw fanylrwydd mathemategol ychwanegol yn rhoi mantais annheg i asedau penodol.

Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu risgiau ac adenillion ar fuddsoddiad (gan lywio'r gwaith o dargedu a phrisio buddsoddiadau ymyrryd):

- Dylai'r fethodoleg/methodolegau terfynol ei gwneud yn bosibl cyfuno prosiectau yn uwch na maint lleiaf, p'un ai eu bod wedi'u cwblhau o'r gwrthbwyso neu drwy gyfuno amcangyfrifon arbedion. Dylid pennu'r maint defnyddiol lleiaf ar gyfer cyfuno mewn ymchwil dilynol.
- Mae angen dylunio ein methodoleg(au) safonol er mwyn iddynt allu darparu allbynnau defnyddiol i segmentau amrywiol o gwsmeriaid preswyl, gan gynnwys dulliau o ddarparu arbedion ariannol, tanwydd, ynni a charbon. Er gwaethaf pwysigrwydd arbedion carbon i rai segmentau o gwsmeriaid, ni ellir cysylltu'r amcangyfrifon arbedion hyn yn ddibynadwy â ffrydiau refeniw eto oherwydd diffyg marchnadoedd carbon gweithredol ar y raddfa breswyl.

Gellir cysylltu'r wybodaeth a gasglwyd drwy gydol y broses gyfweld, a gynhaliwyd o Ch3/Ch4 2021, yn uniongyrchol ag argymhellion papur gwyn "Effeithlonrwydd Ynni Mesuredig yn y DU" y GFI:

1. Cyflwyno'r achos dros fesur Effeithlonrwydd Ynni a Thalu am Berfformiad

- a. Mae "profi" effeithlonrwydd ynni yn allweddol, ond efallai y bydd angen i ni symud i ffwrdd o edrych am "yr [arwyddocâd ystadegol] y byddai'r peirianwyr sy'n gofalu am ddiogelwch y cyflenwad yn gyfarwydd ag ef." – Charlie Edwards, Dadansoddwr Rhwydwaith
- b. Mae gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu wedi cael trafferth integreiddio effeithlonrwydd ynni mewn marchnadoedd hyblyg, yn enwedig oherwydd "anhawster wrth ddanfôn unrhyw ffynhonnell effeithlonrwydd ynni ar raddfa mewn ardal ddaearyddol benodol o fewn amserlenni penodol", sy'n golygu y bydd angen cyfuno effeithlonrwydd ynni yn aml â hyblygrwydd sydd eisoes yn cael ei gyflwyno i gyfiawnhau'r achos busnes.
- c. Mae dadleoli buddsoddiad cyfalaf o uwchraddio rhwydweithiau ac ôl-osod yn allweddol ar gyfer canfod gwerth effeithlonrwydd ynni, ond er mwyn gwneud hynny, rhaid i ni ddarparu hirhoedledd mewn marchnadoedd rhwydwaith a hyblygrwydd.
- d. Nid yw safbwynt y cwsmer ar effeithlonrwydd ynni ac arbedion ynni yn llai pwysig na safbwynt y gwerthuswr ôl-osod neu weithredwr y rhwydweithiau:
- e. "O ran y potensial a welaf ym maes Effeithlonrwydd Ynni, mae elfen sy'n gysylltiedig â'r defnyddiwr ynni, a fydd yn elwa o effeithlonrwydd ynni, o ran sut y gallent gael budd ariannol o hynny. [Y cwestiwn yw] sut [y bydd allbynnau'r gwerthusiad] yn rhoi cysur iddynt wybod eu bod yn cyflawni'r hyn y [dylent] ei wneud. I wneud hynny, roedd y gwaith rydych chi'n ei ddatblygu, a'r gwaith roedd Alex a minnau wedi meddwl amdano amser maith yn ôl: sef cael ffyrdd safonol o fesur a seilio'r galw am ynni, mae'n hanfodol." – Adriano Figueirido, Fractal Networks (Cychwynnwr Ôl-osod/Rhwydwaith)
- f. Fodd bynnag, mae bylchau yn y system bresennol lle gallai effeithlonrwydd ynni, gyda rhywfaint o waith datblygu, gysylltu â dulliau busnes fel arfer: "Os ydych chi'n gallu rhagweld effeithlonrwydd ynni yn yr un ffordd â'r galw am ynni a chynhyrchu, gyda chydberthynas dda â'r tywydd, mae gennych chi fesurydd arall y gallwch chi ei ddefnyddio i gael gwerth a dealltwriaeth o'r dyfodol. Mae'n rhaid bod ganddo werth."
- g. Mae Charlie Edwards (Dadansoddwr Rhwydwaith) yn datgelu potensial y prosiect yn ei ddatganiad: "Mae portffolios tai ar hyn o bryd, yn fy marn i, yn adnodd hyblyg sydd wedi'i danbriso oherwydd [...] maen nhw ar y lefel foltedd isel, maen nhw'n gallu darparu buddion yn effeithiol drwy'r rhwydwaith cyfan." Fodd bynnag, mae hefyd yn nodi problem ynghylch aeddfedrwydd yn y farchnad hon: "Ar hyn o bryd, nid oes gan y farchnad ffordd addas o bentyrru ffrydiau refeniw ar draws gwahanol haenau o'r rhwydwaith oherwydd bod cyfyngiadau ar yr haenau gwahanol hynny, ac o ganlyniad rwy'n credu bod eu gwerth yn cael ei danbriso ac nid yw'n cael digon o glod."
- h. Tynnodd Adrian Wright o Happy Energy (Cychwynnwr/Gwerthuswr Ôl-osod) sylw at y defnydd o fethodolegau arbedion mesuredig mewn cyd-destunau penodol: darparu modelau gwres-fel-gwasanaeth a chyfiawnhau uwchraddio cysylltiedig (fel boeleri biomas); ac integreiddio arbedion mesuredig mewn ymyriadau tai cymdeithasol ar raddfa fawr, sy'n arbennig o ddefnyddiol i awdurdodau lleol sy'n ceisio adrodd ar eu heffaith ar fesurau lliniaru carbon.

Mae hyn yn dilysu ein dull dadansoddi ymyriadau, ac mae hefyd yn awgrymu defnyddio amcangyfrifon arbedion tanwydd/carbon, rhywbeth y gellir ei ychwanegu at unrhyw ddadansoddiad arbed ynni o ystyried dwysedd allyriadau

CO₂ a thariff ar y lefel angenrheidiol o fanylder.

2. Peilota a threialu'r dull gweithredu gyda chartrefi a rhanddeiliaid go iawn yn y DU

- a. Mae mesur Effeithlonrwydd Ynni yn dangos canlyniadau llawer gwahanol ar draws gwahanol fathau o gwsmeriaid, gan gynnwys arbedion is na'r disgwyl, neu ddim arbedion o gwbl. Dylem ddisgwyl rhywfaint o amrywioldeb, gan wneud dilysu ar lefel safle unigol yn anodd iawn.
- b. Disgrifiodd Charlie Edwards (Dadansoddwr rhwydwaith) ei awydd allweddol i newid y dulliau presennol o fesur arbedion ynni fel "mwy o ddata, mwy o ddealltwriaeth o sut gall gwahanol eiddo ddarparu data defnydd; ac yna ffordd o drosi hynny yn safonau cynllunio."
- c. Gall allbynnau dymunol dull arbedion mesuredig amrywio o un gynulleidfa i'r llall: "ar un llaw, ceir safbwynt sy'n benodol i'r safle a safbwynt y defnyddiwr ynni lleol. Fodd bynnag, mae gallu mesur hynny'n golygu bod modd gwneud penderfyniadau ar sail gwybodaeth well," fodd bynnag, "Os ydych chi'n cynnwys cyllid, [...] mae gallu mesur hynny'n medru bod yn ddefnyddiol iawn. Yna, gellir trosi effaith effeithlonrwydd ynni yn rhifau, ac arian, ac enillion ar fuddsoddiad, a risg." Ar ben hynny, "mewn senario ddomestig, mae mwy o werth na dim ond ffrydiau refeniw neu enillion ariannol".

Mae lefel y cywirdeb a'r raddfa hefyd yn amrywio, oherwydd "Os ydych chi'n siarad, yn yr amgylchedd presennol, ag unrhyw un o'r gweithredwyr rhwydwaith, nid oes ganddynt ddiddordeb yn yr un annedd, na hyd yn oed y rhan o'r rhwydwaith fel is-orsaf eilaidd." Fodd bynnag, mae hyn yn gynnyrch polisi cyfredol a chyflymder y newid: "os bydd pob un o'r 50 pwmp gwres a 30 gwefrydd cerbydau trydan o dan fy is-orsaf eilaidd yn dod i mewn ar yr un pryd, bydd problem." - Adriano Figueirido o Fractal Networks (Cychwynnwr Ôl-osod/Rhwydwaith).

- d. Oherwydd y dull presennol o weithredu, mae cyfiawnhad ariannol effeithlonrwydd ynni yn cael ei lesteirio y tu hwnt i'r gorwel tymor byr: "Roeddwn i'n darllen, 6-7 mis yn ôl efallai, yn y cyflwyniadau RIIO-2 gan y National Grid, lle roedden nhw'n cyfiawnhau elw gwirioneddol ar fuddsoddiad o 6.5% ar gyfer buddsoddiad 30 mlynedd heb unrhyw risg o gwbl, gan fod yr enillion i gyd yn gostau gymdeithasol". Fodd bynnag, mae hyn yn cyflwyno'r potensial ar gyfer gwelliannau sylweddol a newidiadau sylweddol yn y system a dulliau 'busnes fel arfer':

"Os ydym yn edrych ar hynny yn y tymor hir iawn ac yn ôl-osod adeilad, gan wella ei effeithlonrwydd 30%, ac os gallech warantu hynny am 30 mlynedd, byddai hynny'n newid deinameg buddsoddiad cyfalaf. Nawr, er mwyn gwneud hynny, mae angen newid y ffordd mae'r rheoleiddiwr yn mynd ati i fuddsoddi yng ngallu'r rhwydwaith – mae angen iddyn nhw ystyried bod cymryd capasiti allan o'r rhwydwaith yr un fath â rhoi capasiti newydd ar waith.

Ochr yn ochr â hynny mae'r hyder i'w fesur, a gwarantu bod capasiti wedi cael ei dynnu allan o'r system." – Adriano Figueirido, Fractal Networks (Cychwynnwr Ôl-osod/Rhwydwaith)

3. Creu set ddata yn y DU ar berfformiad effeithlonrwydd ynni, gan

ddefnyddio technegau effeithlonrwydd ynni mesuredig i 'ôl-weithio' arbedion o gynlluniau blaenorol

- a. Mae llawer o archwiliadau o hyblygrwydd/gostyngiad ochr y galw yn ôl-weithredol ac yn cael eu cychwyn dim ond pan fydd y rhwydwaith "yn rhagori ar ei bamedrau". Mae dulliau gwaelodlin presennol yn defnyddio amrywiaeth o fethodolegau gwahanol o naill ai llinell sylfaen hanesyddol neu linell sylfaen atchweliad. Mae hyn yn golygu bod rhywfaint o dderbyniad ar gyfer mannau cychwyn a methodolegau amrywiol, ond mae'n rhaid i'r rhain allu bodloni'r graddau cychwynnol o drylwyredd, a'r hyn sy'n ofynnol lle nad yw'r rhwydwaith yn perfformio yn ôl y disgwyl.
- b. Byddai dull nodweddiadol cychwynnwr prosiect, fel Adriano o Fractal Networks, yn "dechrau gyda'r data, i fesur y mathau o ynni, a beth mae'n ei olygu o ran sut mae'n berthnasol i gapasiti'r rhwydwaith. Ac o ran rhwydwaith, mae angen i chi gydgasglu pethau. Ac yna talu sylw i'r 2 fath o adegau prysur rydych chi'n sylwi arnyn nhw yn y rhwydwaith: y galw brig a'r cyfnod cynhyrchu prysuraf". Mae hyn yn nodi pwysigrwydd disgrifio data mewnbwn, ond hefyd categoreiddio ymyriadau ar eu gallu i fynd i'r afael â'r galw a/neu'r cyfnod cynhyrchu brig, gan y bydd hyn yn amrywio ar draws gwahanol fathau o effeithlonrwydd ynni.
- c. Mae'n bosibl y bydd angen data hanesyddol, yn enwedig data hanesyddol cydraniad cymharol uchel, i fesur effeithiau ôl-osod ar ynni.
- d. Mae Adriano yn datgan ei gred bod angen gwneud gwaith ychwanegol i wneud data mesuryddion clyfar yn fwy hygyrch cyn y gellir integreiddio data mesuryddion clyfar yn effeithiol i brosesau modelu adeiladau ar raddfa fawr:

"Nawr o ran adeiladu modelau, o leiaf i ddechrau, i weld beth allwn ni ei wneud o ran rhagfynegi, neu hyd yn oed greu llinellau sylfaen, gan ddibynnu ar fynediad at ddata o fesuryddion clyfar, rwy'n meddwl ei fod yn ormod o gur pen. Mae mor anhygyrch, mae rhywfaint o'r gwaith rydyn ni'n ei wneud gyda'r brifysgol, gyda mesuryddion clyfar, y ffordd maen nhw'n cael eu dylunio, a'r ffordd mae mynediad at ddata'n cael ei ddylunio, dim ond un pwrpas maen nhw'n ei gyflawni mewn gwirionedd, sef bod yn fesurydd ffisegol ac edrych yn ôl i'r gorffennol."

Fodd bynnag, mae Adriano yn cynnig dewis arall: "Ac felly, rhywfaint o'r gwaith rydyn ni'n ei wneud gyda'r brifysgol yw monitro amser real. Na, nid yw mor gywir â mesurydd clyfar, mae'n bosibl cael cywirdeb o \pm 1%. Ond byddai'n well gen i gael cywirdeb o \pm 1% bob eiliad yn hytrach na 0.1 \pm cywirdeb am bob hanner awr, a Duw a wŷr faint o oedi."

Prif Bwyntiau Thema 1: Deall dulliau presennol cyfranogwr y diwydiant (CE|AF):

- Llinell sylfaen y gostyngiad mewn llwyth ar unrhyw safle penodol yw'r her fwyaf o ran ôl-osod o safbwynt rhwydwaith
- Mae mesur Effeithlonrwydd Ynni yn dangos canlyniadau llawer gwahanol ar draws gwahanol fathau o gwsmeriaid, gan gynnwys arbedion is na'r disgwyl, neu ddim arbedion o gwbl. Dylem ddisgwyl rhywfaint o amrywioldeb, gan wneud dilysu ar lefel safle unigol yn anodd iawn.
- Hyd yn oed petaem yn darparu dull arbed arian mesuredig â chost trafodion isel a hyblygrwydd da, efallai na fydd yn ddigonol ar gyfer y farchnad hyblygrwydd, sydd ar hyn o bryd "yn seiliedig ar fathemateg a thrylwyredd ystadegol sy'n anodd iawn i'w ganfod a'i

gymhwyso ar lefel ddomestig”

- Mae cofnodi newidiadau o ddydd i ddydd yn agwedd allweddol ar gyfer cael gafael ar wasanaethau hyblygrwydd rhwydwaith.
- Mae “profi” effeithlonrwydd ynni yn allweddol, ond efallai y bydd angen i ni symud i ffwrdd o edrych am *“yr [arwyddocâd ystadegol] y byddai’r peirianwyr sy’n gofalu am ddiogelwch y cyflenwad yn gyfarwydd ag ef.”*
- Mae gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu wedi cael trafferth integreiddio effeithlonrwydd ynni mewn marchnadoedd hyblyg, yn enwedig oherwydd *“anhawster wrth ddanfôn unrhyw ffynhonnell effeithlonrwydd ynni ar raddfa mewn ardal ddaearyddol benodol o fewn amserlenni penodol”*, sy’n golygu y bydd angen cyfuno effeithlonrwydd ynni yn aml â hyblygrwydd sydd eisoes yn cael ei gyflwyno i gyfiawnhau’r achos busnes.
- Mae llawer o archwiliadau o hyblygrwydd yn ôl-weithredol ac yn cael eu cychwyn dim ond pan fydd y rhwydwaith *“yn rhagori ar ei bamedrau”*. Mae dulliau gwaelodlin presennol yn defnyddio amrywiaeth o fethodolegau gwahanol o naill ai llinell sylfaen hanesyddol neu linell sylfaen atchweliad. Mae hyn yn golygu bod rhywfaint o dderbyniad ar gyfer manau cychwyn a methodolegau amrywiol, ond mae’n rhaid i’r rhain allu bodloni’r graddau cychwynnol o drylwyredd, a’r hyn sy’n ofynnol lle nad yw’r rhwydwaith yn perfformio yn ôl y disgwyl.
- Mae tebygrwydd â’r marchnadoedd ariannol yn bodoli, o ran gostwng costau trafodiadau a chynyddu nifer y trafodiadau, ond hefyd o ran deall bod *“y gwahanol fathau hyn o asedau yn amrywio o ran dibynadwyedd, yn ogystal â lefelau gwahanol o gadernid”*.
- *“Mae angen i’r rhwydwaith amrywio maint yr hyblygrwydd: rhywfaint o ynni adnewyddadwy, rhywfaint o effeithlonrwydd ynni, rhywfaint o fatris, rhywfaint o ymateb ar ochr y galw masnachol; i adeiladu portffolio mwy cadarn”*.
- Mae’r rhan fwyaf o wasanaethau hyblygrwydd yn cael eu mesur a’u dilysu gan ddefnyddio data mewnbyn a fesurir o ased penodol neu MPAN. Gall symud i fanylder 30 munud yn y data hwn gynyddu’r gwall yn y llinell sylfaen a’r cyfrifiadau yn ddiweddarach, ond *“mae’r gwall hwnnw’n llawer llai pan fyddwch chi’n gwsmer bach wrth i amrywiaeth ddod i rym”*. Bydd y dull hwn yn golygu bod modd defnyddio mwy o ddata mesuryddion clyfar ac yn datgloi’r farchnad i chwaraewyr mwy amrywiol: *“Rwy’n credu bod agor marchnadoedd hyblyg yn enwedig i’r bach a’r nifer, mae angen i chi wneud yn siŵr bod y data rydych chi’n ei gael yn ddata sydd ar gael yn rhwydd drwy fesurydd clyfar. Ac [ategu hyn gyda] rhyw fath o ddull gweithredu sy’n galluogi’r farchnad i benderfynu a ydynt am osod mwy o fesuryddion gronynnog, a allai olygu ei bod yn haws gosod llinell sylfaen”*
- Mae data tywydd/tymheredd yn allweddol: *“wrth i ni newid i ddulliau gwaelodlin mwy clyfar, rydych chi’n dechrau siarad am ddadansoddiad atchweliad, ac mae hynny’n gofyn am ddata tywydd/tymheredd fel arfer”*. Ond mae cyrchu data hefyd yn bryder mawr: *“ar gyfer safleoedd mawr, pe bai data am y tywydd yn dod o’r safle wrth i chi gael llawer mwy o gywirdeb, ar gyfer safleoedd bach pe bai hynny’n dod o’r is-orsaf, a oes gan yr is-orsaf oedd y math hwn o ddata tywydd a thymheredd ac a yw hynny’n eich helpu i ddeall pa lefel o ddarpariaeth rydych chi wedi’i chael o unrhyw eiddo neu set o eiddo.”*
- Efallai nad gwella modelu atchweliad traddodiadol yw’r ateb ar gyfer gwella’r gwaith o fesur arbedion effeithlonrwydd ynni yn y tymor byr: *“Gallwch gael rhywfaint o wyddoniaeth data hynod gymhleth a siarad â’r academyddion am oesoedd am y math hynny o bethau. Ond ai dyna’r dull iawn i effeithlonrwydd ynni i ddechrau? Ac ydyn ni’n well na defnyddio dull sy’n ceisio deall sut mae gwahanol grwpiau o gwsmeriaid a’u proffiliau defnyddio yn cael eu heffeithio gan unrhyw fath o*

effeithlonrwydd ynni, ac felly rydych chi'n atodi proffil i unrhyw aelwyd benodol ac nid oes rhaid i chi eu monitro gan fod gennych chi is-set fawr o ddata a gafodd ei fonitro'n flaenorol y gallwch ei ddefnyddio a'i ollwng ar y rhwydwaith. Rwy'n credu mai dyna'r dull mwy ymarferol ar gyfer effeithlonrwydd ynni, ond hefyd yr un sy'n gwneud peirianwyr rhwydwaith ac yn herio diogelwch y cyflenwad yn bennaf oherwydd bod peirianwyr yn beirianwyr ac maen nhw'n hoffi mathemateg."

- Nododd Charlie Edwards ei awydd i newid y dulliau presennol o fesur arbedion ynni fel "mwy o ddata, mwy o ddealltwriaeth o sut gall gwahanol eiddo ddarparu data defnydd; ac yna ffordd o drosi hynny yn safonau cynllunio."
- Mae dadleoli buddsoddiad cyfalaf yn allweddol ar gyfer canfod gwerth effeithlonrwydd ynni, ond er mwyn gwneud hynny, rhaid i ni ddarparu hirhoedledd mewn marchnadoedd rhwydwaith a hyblygrwydd.
- Nid yw safbwynt y cwsmer ar effeithlonrwydd ynni ac arbedion ynni yn llai pwysig na safbwynt y gwerthuswr ôl-osod neu weithredwr y rhwydweithiau:
"O ran y potensial a welaf ym maes Effeithlonrwydd Ynni, mae elfen sy'n gysylltiedig â'r defnyddiwr ynni, a fydd yn elwa o effeithlonrwydd ynni, o ran sut y gallent gael budd ariannol o hynny. Sut y bydd yn rhoi cysur iddynt wybod eu bod yn cyflawni'r hyn y [dylent] ei wneud. I wneud hynny, roedd y gwaith rydych chi'n ei ddatblygu, a'r gwaith roedd Alex a minnau wedi meddwl amdano amser maith yn ôl: sef cael ffyrdd safonol o fesur a seilio'r galw am ynni, mae'n hanfodol."
- Ochr yn ochr â'r angen am hirhoedledd mewn marchnadoedd rhwydwaith a hyblygrwydd, mae rhwystrau mawr i ddal gwerth effeithlonrwydd ynni drwy ddadleoli buddsoddiad cyfalaf. Un o'r rhain yw "sy'n ymwneud ag argaeledd data, ac o hynny, sut rydym yn dyfeisio dulliau gwaelodlin ystyrllon.", Fodd bynnag, nododd Adriano hefyd "rhwystr sy'n ymwneud â rôl y deiliad, a sut nad ydynt am i'r system newid."
- Gall allbynnau dymunol dull arbedion mesuredig amrywio o un gynulleidfa i'r llall: "ar un llaw, ceir safbwynt sy'n benodol i'r safle a safbwynt y defnyddiwr ynni lleol. Fodd bynnag, mae gallu mesur hynny'n golygu bod modd gwneud penderfyniadau ar sail gwybodaeth well," fodd bynnag, "Os ydych chi'n cynnwys cyllid, [...] mae gallu mesur hynny'n medru bod yn ddefnyddiol iawn. Yna, gellir trosi effaith effeithlonrwydd ynni yn rhifau, ac arian, ac enillion ar fuddsoddiad, a risg." Ar ben hynny, "mewn senario ddomestig, mae mwy o werth na dim ond ffrydiau refeniw neu enillion ariannol".
Mae lefel y cywirdeb a'r raddfa hefyd yn amrywio, oherwydd "Os ydych chi'n siarad, yn yr amgylchedd presennol, ag unrhyw un o'r gweithredwyr rhwydwaith, nid oes ganddynt ddi-ddordeb yn yr un annedd, na hyd yn oed y rhan o'r rhwydwaith fel is-orsaf eilaidd." Fodd bynnag, mae hyn yn gynnyrch polisi cyfredol a chyflymder y newid: "os bydd pob un o'r 50 pwmp gwres a 30 gwefrydd cerbydau trydan o dan fy is-orsaf eilaidd yn dod i mewn ar yr un pryd, bydd problem."
- Oherwydd y dull presennol o weithredu, mae cyfiawnhad ariannol effeithlonrwydd ynni yn cael ei lesteirio y tu hwnt i'r gorwel tymor byr: "Roeddwn i'n darllen, tua 6 i 7 mis yn ôl, yn y cyflwyniadau RIIO-2 gan y National Grid, lle'r oedden nhw'n cyfiawnhau elw gwirioneddol ar fuddsoddiad o 6.5% ar gyfer buddsoddiad 30 mlynedd heb unrhyw risg o gwbl, oherwydd mae'r enillion i gyd yn gost gymdeithasol". Fodd bynnag, mae hyn yn cyflwyno'r potensial ar gyfer gwelliannau sylweddol a newidiadau sylweddol yn y system a dulliau 'busnes fel arfer':
"Os ydym yn edrych ar hynny yn y tymor hir iawn ac yn ôl-osod adeilad, gan wella ei effeithlonrwydd 30%, ac os gallech warantu hynny am 30 mlynedd, byddai hynny'n newid deinameg buddsoddiad cyfalaf."
- **I wneud hynny, mae arnom angen A) newid yn y ffordd y mae'r rheoleiddiwr yn ymdrin**

â buddsoddi mewn capasiti rhwydwaith, mae angen iddo weld bod cymryd capasiti allan o'r rhwydwaith yn gyfartal â rhoi capasiti newydd i mewn. Ochr yn ochr â hynny mae'r hyder i'w fesur, a sicrhau bod capasiti wedi cael ei dynnu allan o'r system."

- Fodd bynnag, mae bylchau yn y system bresennol lle gallai effeithlonrwydd ynni, gyda rhywfaint o waith datblygu, gysylltu â dulliau busnes fel arfer: "Os ydych chi'n gallu rhagweld effeithlonrwydd ynni yn yr un ffordd â'r galw am ynni a chynhyrchu, gyda chydberthynas dda â'r tywydd, mae gennych chi fesurydd arall y gallwch chi ei ddefnyddio i gael gwerth a dealltwriaeth o'r dyfodol. Mae'n rhaid bod ganddo werth."
- Mae lle i gyfuno – p'un a yw wedi'i integreiddio o'r dechrau neu'n cael ei ddefnyddio fel dull dilynol i drosi amcangyfrifon unigol yn bortffolios daearyddol:

"gallwch ddechrau gydag un annedd, neu un busnes bach neu ganolig, a pharhau i ychwanegu rhai, ac yna maen nhw'n cael effaith mewn cyd-destun geo-ofodol, neu ran benodol o'r rhwydwaith trydan. [...] Os gallwch osod y pyllau rhithwir hyn at ei gilydd, gallech ddechrau masnachu'r effeithlonrwydd ynni hwn.

- *Rwy'n credu bod y potensial i greu gwerth yno yn dod o gyfle i leihau costau trafodion drwy gyfuno, yn ogystal â lleihau risg, gan y gallwch gymryd ymagwedd bortffolio tuag ato. Ond hefyd, bydd y cwantwm enfawr o arian ac ynni yn dod yn ddeniadol i wahanol chwaraewyr, chwaraewyr ar raddfa fwy, a chyllid."*
 - Fodd bynnag, mae isafswm maint ar gyfer cyfuno gwasanaethau a gwerth effeithlonrwydd ynni yn ystyrion: "Yn anffodus, nid yw asedau bach yn gwneud synnwyr o ran y ffordd y mae'r system yn gweithio ar hyn o bryd. Mae'r ffrydiau refeniw sydd ar gael mor druenus, nid yw'n gweithio oni bai eich bod yn ymdrin â graddfa megawat. Mae angen i chi hefyd ddod o hyd i ffyrdd o bentyrru mwy nag un ffrwd refeniw drwy gael gafael ar wahanol wasanaethau."
 - Gall yr ateb i faint o agregu ddibynnu ar amgylchiadau geodechnegol penodol, gan gynnwys amser symud y llwyth. Mae Adriano yn cynnig enghraifft yma: "Felly, mae gennych 300 kW ar gael o ran capasiti, tua 250 o dai ac ychydig o fusnesau o dan yr is-orsaf eilaidd honno, os mai dim ond 20 o bympiau gwres sydd gennych chi ar 10 kW, a bod gennych chi 20 o gerbydau trydan ar 10 kW, dyna eich capasiti."
1. Tynnodd Adrian o Happy Energy sylw hefyd at y mecanweithiau adweithiol a ddefnyddir gan lawer o ddarparwyr ôl-osod, lle mae gwaith mesur a dilysu yn cael ei wneud yn bennaf mewn ymateb i bryderon cwsmeriaid am eu cartref a'i berfformiad ynni. Mae hyn, yn ei dro, yn codi'r angen am fethodolegau sy'n defnyddio dulliau goddefol parhaus o gasglu data (hy drwy fesuryddion clyfar neu synwryddion awtomataidd) ar gyfer casglu data perfformiad adeiladau cyn ac ar ôl i ymyriad gael ei gynnal. Wrth ei baru â data'r rheolwr ôl-osod ar yr ymyriad (dyddiad dechrau/gorffen, arbedion disgwylidig, mesurau a wnaed), byddai'r data hwn a gasglwyd yn oddefol yn caniatáu ar gyfer mesur a dilysu ôl-weithredol, gan ddarparu dull digon cywir ar gyfer cynhyrchu modelau llinell sylfaen ac ôl-ymyrraeth yn bosibl o ystyried cyfyngiadau'r nodweddion data hyn a gesglir yn oddefol. Byddai hyn yn gofyn am amrywiad bach i'r fethodoleg, lle gall gweithwyr proffesiynol achrededig gyfuno data mewnol â dulliau modelu safonol er mwyn cael dadansoddiadau manwl fesul achos, ac felly dylid ystyried yr amrywiad hwn wrth gynhyrchu gwasanaethau terfynol y fethodoleg.

Prif Bwyntiau Thema 2: Integreiddio i'ch Llif Gwaith (CE|AF):

1. Mae'r gost a'r taliadau sydd ar gael ar gyfer hyblygrwydd wedi *"dod i'r amlwg o barodrwydd y gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu i chwarae dros hyblygrwydd: felly beth yw'r gost o ohirio'r gwaith atgyfnerthu a faint o arian mae'n ei arbed mewn colledion neu ddiogelu iechyd asedau neu unrhyw beth arall sy'n ymwneud yn y bôn ag ateb peiranyddol."* Yma mae'r achos defnydd yn canolbwyntio ar ddilysu'r capasiti ychwanegol ac effeithlonrwydd y rhwydwaith y mae'r ased yn ei ddarparu, ond nid yw'n gyfyngedig i, amser o ystyriaethau defnyddio.
2. Er bod gwerthuso'n bwysig, nid oes gan lawer o ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith *"ddull gwerthuso perfformiad ôl-osod, ond, yn lle hynny, byddant yn deall yn iawn beth yw'r perfformiad hwnnw gan unrhyw fath o ddarparwyr hyblygrwydd. Byddant yn gwneud y math hwnnw o ddadansoddiad a byddwn wedyn yn deall y rhagdybiaethau sydd wedi mynd i mewn i hynny ac yna, o ganlyniad, yn gallu rhoi hyblygrwydd"*. Yma mae'r achos defnydd yn canolbwyntio ar reolwyr asedau yn cwblhau gwerthusiad cywir ac archwiliadwy yn fewnol, er mwyn i ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith allu adolygu hyn yn annibynnol.
3. Mae contractau marchnad hyblygrwydd nodweddiadol ar draws gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu *"yn tueddu i bara rhwng 1 a 4 blynedd"*, ond roedd Charlie hefyd yn dweud *"mae achos dros farchnadoedd hyblygrwydd tymor hir a thymor byr a dylai fod yn gyfrifoldeb ar yr ased i benderfynu beth maen nhw eisiau cymryd rhan ynddo. [...] Felly, o'n safbwynt ni, dylem adael y llwybrau i'r farchnad yn gwbl agored i'r ased. Unwaith eto, fel nad ydyn ni'n elwa o unrhyw dechnoleg benodol dros un arall, ond ie, pedair blynedd yw'r cyfnod hiraf rydyn ni'n tueddu i edrych i'r dyfodol, ac edrych ar gynllun ôl-osod rhywun."* Mae'r pwynt hwn yn canolbwyntio'r achos defnydd ar ddarparu gwerthusiadau ac amcangyfrifon sy'n foddhaol ar gyfer gorwelion amser o hyd at 4 blynedd, ond nid o reidrwydd y tu hwnt i'r pwynt hwn.
4. Yn ei ddatganiad, mae Charlie yn datgelu potensial y prosiect: *"Mae portffolios tai ar hyn o bryd yn adnodd hyblyg, yn fy marn i. Oherwydd eu bod wedi'u lleoli ar y lefel foltedd isel, gallant ddarparu buddion yn effeithiol drwy'r rhwydwaith cyfan."* Fodd bynnag, mae hefyd yn nodi problem o ran aeddfedrwydd yn y farchnad hon: *"Ar hyn o bryd, nid oes gan y farchnad ffordd addas o bentyrru ffrydiau refeniw ar draws gwahanol haenau o'r rhwydwaith oherwydd bod cyfyngiadau ar yr haenau gwahanol hynny, ac o ganlyniad rwy'n credu bod eu gwerth yn cael ei danbrisio ac nid yw'n cael digon o glod."*
5. Mae Charlie yn nodi gwerth a pherthnasedd y gwasanaethau rhwydwaith foltedd isel hyn, ac mae gwerthuso perfformiad ôl-osod yn fwy cyffredinol, yn ehangach na dim ond y farchnad breswyl: *"Mae manteision dilysu a marchnata gwasanaethau hyblygrwydd rhwydwaith foltedd isel yn fwy na dim ond ar gyfer ôl-osod domestig, mae'n mynd ar gyfer unrhyw beth sy'n gysylltiedig â foltedd isel: sy'n tueddu i fod yn systemau ffotofoltaig bach domestig ac yn fusnesau bach neu ganolig fel arfer."*
6. Byddai dull nodweddiadol cychwynnwr prosiect, fel Adriano o Fractal Networks, yn *"dechrau gyda'r data, i fesur y mathau o ynni, a beth mae'n ei olygu o ran sut mae'n berthnasol i gapasiti'r rhwydwaith. Ac o ran rhwydwaith, mae angen i chi gydgasglu pethau. Ac yna talu sylw i'r 2 fath o adegau prysur rydych chi'n sylwi arnyn nhw yn y rhwydwaith: y galw brig a'r cyfnod cynhyrchu prysuraf"*. Mae hyn yn nodi pwysigrwydd disgrifio data mewnbyn, ond hefyd categorieiddio ymyriadau ar eu gallu i fynd i'r afael â'r galw a/neu'r cyfnod cynhyrchu brig, gan y bydd hyn yn amrywio ar draws gwahanol fathau o effeithlonrwydd ynni.
7. Mae'n bosibl y bydd angen data hanesyddol, yn enwedig data hanesyddol cydraniad cymharol uchel, i fesur effeithiau ôl-osod ar ynni.
8. Rhwystr allweddol i ôl-osod sy'n cefnogi hyblygrwydd a phrosiectau rhwydwaith yw'r diffyg

cysylltiad rhwng y gwasanaethau o'r brig i lawr (gwasanaethau fel rheoli cyfnodau brig neu reoli cyn ac ar ôl namau) a natur 'o'r gwaelod i fyny' gwaith ôl-osod. Y tu hwnt i hyn, mae problemau o ran cefnogi'r prosiectau hyn yn ariannol, oherwydd bod "*angen i'r prosiectau fod yn cael mynediad at nifer o ffrydiau refeniw i ddechrau*", ac i wneud hyn, mae angen i brosiectau "*fod yn gallu bod yn masnachu ar gost trafodion isel iawn, pa fath o bethau sy'n mynd â chi'n nes at sut mae'r diwydiant bancio'n masnachu, yn hytrach na'r ffordd y mae'r diwydiant ynni'n masnachu.*" Mae'r datganiad hwn yn dilysu gwerth ein dull gweithredu, sy'n canolbwyntio ar fethodoleg safonol i leihau'r costau trafodion sy'n gysylltiedig â gwerthuso perfformiad ôl-osod.

9. Mae'r rhwystrau i farchnad hyblygrwydd gystadleuol sy'n rhoi gwerth priodol ar ôl-osod nid yn unig yn dechnegol ond hefyd yn strwythurol: "*Y peth cyntaf [sydd ei angen i fynd i'r afael â'r rhwystr i gostau trafodion a masnachu o'r gwaelod i fyny] fyddai chwalu'r gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu, y seilwaith a rolau cydlynedd y system. Rhaid eu gwahanu. Ni all y corff sy'n penderfynu ar y math gorau o fuddsoddiad fod yn barti â diddordeb wrth ddefnyddio cyfalaf. Felly dyna'r pwynt cyntaf. Os yw gweithredwr y system ynni a gweithredwr y grid cenedlaethol yr un fath, bydd y broses gwneud penderfyniadau wedi'i hystumio. Os bydd gweithredwr y rhwydweithiau dosbarthu yn gweithredu fel cydlynedd y raddfa ddosbarthu, bydd pob penderfyniad wedi'i ystumio.*"

10. Mae rhwystrau ychwanegol yn atal prosiectau hyblygrwydd gwasgaredig bach rhag cyrraedd y farchnad, gan gynnwys y dechnoleg a ddefnyddir gan weithredwyr rhwydweithiau dosbarthu, nad yw'n gallu delio â mwy nag ychydig gannoedd o endidau sy'n masnachu. Yn ogystal, mae angen symleiddio'r broses i gymhwyso gwasanaeth i'w werthu i weithredwyr rhwydweithiau dosbarthu: "*o sut mae [hyblygrwydd] yn cael ei gaffael mewn gwirionedd, o gyn-gymhwyso i hysbysiad o ofyniad y gwasanaeth i weithredu'r gwasanaeth i ddilysu'r gwasanaeth a'r setliad. Yna mae gennych broses wedi'i symleiddio a'i hawtomeiddio'n llawn, sydd wedyn yn dod â chostau'r trafodion i lawr, ac yn rhoi cyfle i chwaraewyr bach iawn gymryd rhan.*"

11. Mae Adriano hefyd yn sôn am yr hyn sydd ei angen i ganiatáu i rywun sy'n gweithio yn yr ecosystem ôl-osod, fel cydlynedd ôl-osod PAS 2035, allu cynnal gwerthusiad ôl-osod a allai fesur yr allbwn arbedion, ac integreiddio hyn yn y broses:

"Ond dwi'n meddwl bod angen i sawl darn o'r jig-so ddod at ei gilydd. Ar un llaw, mae'n rhaid bod gennych fethodolegau cadarn a safonol ar gyfer asesu hynny, a bod gennych y bobl â'r sgiliau cywir i wneud hynny, mewn unrhyw le domestig, mae adeiladau mor wahanol o ran pob math o agweddau o'r adeiladwaith i'r defnydd a'r galwedigaeth ac ati, a rwy'n meddwl, os ydych am i unigolyn wneud y math hwnnw o asesiad, mae angen iddynt gael eu hyfforddi'n iawn."

12. Hyd yn oed gyda phresenoldeb gwerthuswr hyfforddedig, mae rôl ar gyfer dilysu data'n awtomatig ochr yn ochr â diffiniad clir o safonau data mewnbwn a digonolrwydd:

"Rwy'n credu y bydd gan ymyrraeth ddynol le oherwydd bydd rhywun sydd wedi'i hyfforddi'n dda yn gwybod am allu arsylwi ar bethau ar y safle. Hyd yn oed gweithredu'r mesurau effeithlonrwydd ynni. Ar y llaw arall, mae'n 'crap in, crap out'. Dydych chi ddim yn gwybod beth sy'n cael ei roi yn y system, ond wrth groesgyfeirio â data go iawn, gallwch greu system sydd â thraws-ddilysu."

13. Mae Adriano yn datgan ei gred bod angen gwneud gwaith ychwanegol i wneud data mesuryddion clyfar yn fwy hygyrch cyn y gellir integreiddio data mesuryddion clyfar yn effeithiol i brosesau modelu adeiladau ar raddfa fawr:

"Nawr o ran adeiladu modelau, o leiaf i ddechrau, i weld beth allwn ni ei wneud o ran

rhagfynegi, neu hyd yn oed greu llinellau sylfaen, gan ddibynnu ar fynediad at ddata o fesuryddion clyfar, rwy'n meddwl ei fod yn ormod o gur pen. Mae mor anhygyrch, mae rhywfaint o'r gwaith rydyn ni'n ei wneud gyda'r brifysgol, gyda mesuryddion clyfar, y ffordd maen nhw'n cael eu dylunio, a'r ffordd mae mynediad at ddata'n cael ei ddylunio, dim ond un pwrpas maen nhw'n ei gyflawni mewn gwirionedd, sef bod yn fesurydd ffisegol ac edrych yn ôl i'r gorffennol."

Fodd bynnag, mae Adriano yn cynnig dewis arall:

"Ac felly, rhywfaint o'r gwaith rydyn ni'n ei wneud gyda'r brifysgol yw monitro amser real. Na, nid yw mor gywir â mesurydd clyfar, mae'n bosibl cael cywirdeb o x/- 1%. Ond byddai'n well gen i gael cywirdeb o +/- 1% bob eiliad yn hytrach na 0.1 +/- cywirdeb am bob hanner awr, a Duw a wŷr faint o oedi."

14. Tynnodd Adrian Wright o Happy Energy sylw at y defnydd o fethodolegau arbedion mesuredig mewn cyd-destunau penodol: darparu modelau gwres-fel-gwasanaeth a chyfiawnhau uwchraddio cysylltiedig (fel boeleri biomas); ac integreiddio arbedion mesuredig mewn ymyriadau tai cymdeithasol ar raddfa fawr, sy'n arbennig o ddefnyddiol i awdurdodau lleol sy'n ceisio adrodd ar eu heffaith ar fesurau lliniaru carbon.

Mae hyn yn dilysu ein dull dadansoddi ymyriadau, ac mae hefyd yn awgrymu pa mor ddefnyddiol yw amcangyfrif arbedion tanwydd/carbon.

Prif Bwyntiau Thema 3: Dadansoddiad o effaith llifoedd gwaith cyfredol (CE|AF):

1. Mae'r gwerthusiad rhwydwaith o berfformiad ôl-osod yn cael ei gynnal gan dîm sy'n edrych ar y farchnad hyblygrwydd yn ei chyfanrwydd yn SSEN. Ategodd Charlie bryderon Adriano am rwystrau gweinyddol/gweithdrefnol i ddarparu hyblygrwydd: *"Fy mhryder yn hyn o beth yw bod caffael yn gysylltiedig â llawer o waith rheoleiddio a biwrocratiaeth."* [...] Fodd bynnag, byddai proses gaffael fwy hyblyg, er enghraifft un y byddai'n cael ei chynnal bob 6 mis neu hyd yn oed bob mis, yn llawer mwy deinamig a byddai'n caniatáu i lawer mwy o gwsmeriaid ymuno".

Unwaith eto, mae hyn yn dilysu gwerth ein dull gweithredu, gan y byddai angen dulliau safonol a chost trafodion isel i gymryd rhan mewn marchnad hyblygrwydd fwy deinamig. Mae Charlie yn cynnig ateb yma: *"Os gallem gymhwyso pob cwmni i ddechrau ac yna'n gallu ychwanegu eu hasedau'n rheolaidd, er enghraifft os oes gennych ryw fath o ddarpariaeth effeithlonrwydd ynni fesul cam lle gallwch gael 500kW o hyblygrwydd yn y flwyddyn gyntaf ac 1MW yn yr ail flwyddyn, dylech allu gwneud hynny a dim ond uwchraddio eich sgôr asedau drwy gydol y math o gynllun.*

[...] Rwy'n credu bod gan rwydweithiau agored drwy ffrwd waith 1A gynnyrch sy'n ceisio mynd i'r afael â hynny yn y flwyddyn nesaf"

2. Y prif ddangosydd ar gyfer cefnogi effeithlonrwydd ynni i farchnadoedd ystwyth yw pennu digonolrwydd y data a'r modelu i fodloni rhyw lefel o brawf o anfon neu leihau llwyth:

"Felly byddwn yn chwilio am ryw fath o brawf o anfon, neu brawf o newid o ran lleihau llwyth. A gwneir hynny fel arfer drwy ryw fath o brawf profi. Fel arall, mae'n tueddu i gael ei asesu'n eithaf ansoddol ar y cymwysiadau hynny."

Bydd pennu manylion y profion profi hyn yn helpu i gefnogi'r achos defnydd hwn trwy ddarparu trothwyon clir o gywirdeb a hyder i weithio tuag atynt a phrofi yn eu herbyn.

Fodd bynnag, gall hyn fod yn amcan ar gyfer gwaith yn y dyfodol, a ddylai gyd-fynd â datblygu marchnadoedd hyblyg deinamig yn gyffredinol fel *“busnes fel arfer’ ar hyn o bryd, ond nid oes llawer iawn o hylifedd yn y farchnad ac o ganlyniad nid oes angen dull mathemategol cadarn yn aml”*.

Fodd bynnag, rhaid bod yn ofalus oherwydd mae *“symud tuag at ddull mwy mathemategol [...] angen llawer o ymgysylltu â rhanddeiliaid i’w ffurfio oherwydd, yn amlwg, drwy wneud hynny, gallech ddechrau manteisio ar asedau gwahanol neu eu rhoi dan anfantais yn annheg a’n dull gweithredu yw y dylai’r farchnad fod mor agnostig ag sy’n bosibl o ran asedau.”*

3. Trafododd Adriano sut mae llwyddiant yn cael ei fesur ar draws y farchnad, gan godi pwnc meysydd segmentu cwsmeriaid: *“Bydd gan wahanol bobl a gwahanol fusnesau wahanol anghenion. [Ar gyfer] rhai ardaloedd/segmentau demograffig cymdeithasol, ... gallai’r manteision ariannol uniongyrchol fod o lai o werth na signalau eraill. Mae’n debyg bod rhai pobl, y bobl sy’n wyrdd, yn enwedig y dosbarth canol a’r dosbarth canol uchaf y segment hwnnw, mae allyriadau CO₂ yn bwysicach iddyn nhw na’r budd ariannol uniongyrchol”*, gan gefnogi’r angen i ddylunio methodoleg safonol a all ddarparu allbynnau defnyddiol i’r holl segmentau hyn, gan gynnwys arbedion ariannol, tanwydd, ynni a charbon.

Prif Bwyntiau Thema 4: Gwelliannau i lifau gwaith presennol (CE):

- Dim pwyntiau gan CE
- Pan ofynnwyd iddo am ei brosesau amcangyfrif arbedion presennol, ac ymateb y cwsmer i’w allbynnau, dywedodd Adriano:

“Wel... does dim byd y gallaf ei roi o’u blaenau. Ar hyn o bryd, mae’n seiliedig ar “a ydw i’n ymddiried yn y person hwn ai peidio?”

Beth ydw i’n mynd i’w roi o flaen rhywun i’w feintioli? Pa ddull y gallaf ei ddefnyddio i fesur yr arbedion ynni o’r mesurau effeithlonrwydd ynni? Eto, yn dibynnu ar segment y farchnad, sut ydych chi’n mesur y cysur ychwanegol oherwydd nad oes drafft yn dod drwy eich ffenestri mwyach? Pwy a wŷr!”

Mae’r mewnwleidiad hwn yn hynod werthfawr, gan ei fod yn dilysu’r angen am y fethodoleg yr ydym yn gweithio i’w chefnogi a’i chyflawni, yn ogystal â’r anghenion ar gyfer ymchwil yn y dyfodol, fel yr hyn sy’n mesur gwelliannau i ansawdd yr amgylchedd dan do, a chysur/lles y preswylwyr.

- O ran datblygu’r dull hwn i ddarparu allbynnau ar gyfer achosion defnydd cyfrifyddu carbon, dywedodd Adriano *“ar hyn o bryd, mae’n fwy o drafferth nag o werth, ond os daw marchnad garbon weithredol yn realiti, yna’n bydd yn ffrwd refeniw bosibl.”*

Crynodeb o'r Prif Bwyntiau: Gwelliannau i lifau gwaith presennol (CE):

Gwerthuso Perfformiad Ôl-osod Anheddau Unigol (I'w ddefnyddio o fewn Safon PAS 2035/BSI):
<p>1. Mae mesur Effeithlonrwydd Ynni yn dangos canlyniadau llawer gwahanol ar draws gwahanol fathau o gwsmeriaid, gan gynnwys arbedion is na'r disgwyl, neu ddim arbedion o gwbl. Dylem ddisgwyl rhywfaint o amrywioldeb, gan wneud dilysu ar lefel safle unigol yn anodd iawn.</p>
<p>2. Nid yw safbwynt y cwsmer ar effeithlonrwydd ynni ac arbedion ynni yn llai pwysig na safbwynt y gwerthuswr ôl-osod neu weithredwr y rhwydweithiau:</p> <p><i>"O ran y potensial a welaf ym maes Effeithlonrwydd Ynni, mae elfen sy'n gysylltiedig â'r defnyddiwr ynni, a fydd yn elwa o effeithlonrwydd ynni, o ran sut y gallent gael budd ariannol o hynny. Sut y bydd yn rhoi cysur iddynt wybod eu bod yn cyflawni'r hyn y [dylent] ei wneud. I wneud hynny, roedd y gwaith rydych chi'n ei ddatblygu, a'r gwaith roedd Alex a minnau wedi meddwl amdano amser maith yn ôl: sef cael ffyrdd safonol o fesur a seilio'r galw am ynni, mae'n hanfodol."</i></p>
<p>3. Gall allbynnau dymunol dull arbedion mesuredig amrywio o un gynulleidfa i'r llall: <i>"ar un llaw, ceir safbwynt sy'n benodol i'r safle a safbwynt y defnyddiwr ynni lleol. Fodd bynnag, mae gallu mesur hynny'n golygu bod modd gwneud penderfyniadau ar sail gwybodaeth well," fodd bynnag, "Os ydych chi'n cynnwys cyllid, [...] mae gallu mesur hynny'n medru bod yn ddefnyddiol iawn. Yna, gellir trosi effaith effeithlonrwydd ynni yn rhifau, ac arian, ac enillion ar fuddsoddiad, a risg." Ar ben hynny, "mewn senario ddomestig, mae mwy o werth na dim ond ffrydiau refeniw neu enillion ariannol".</i></p> <p>Mae lefel y cywirdeb a'r raddfa hefyd yn amrywio, oherwydd <i>"Os ydych chi'n siarad, yn yr amgylchedd presennol, ag unrhyw un o'r gweithredwyr rhwydwaith, nid oes ganddynt ddiddordeb yn yr un annedd, na hyd yn oed y rhan o'r rhwydwaith fel is-orsaf eilaidd."</i>, fodd bynnag mae hyn yn gynnyrch polisi presennol a chyflymder y newid: <i>"os bydd pob un o'r 50 pwmp gwres a 30 gwefrydd cerbydau trydan o dan fy is-orsaf eilaidd yn dechrau cael eu defnyddio ar yr un pryd, yna bydd problem."</i></p>
<p>4. Mae'n bosibl y bydd angen data hanesyddol, yn enwedig data hanesyddol cydraniad cymharol uchel, i fesur effeithiau ôl-osod ar ynni.</p>
<p>5. Mae Adriano hefyd yn sôn am yr hyn sydd ei angen i ganiatáu i rywun sy'n gweithio yn yr ecosystem ôl-osod, fel cydlynnydd ôl-osod PAS 2035, allu cynnal gwerthusiad ôl-osod a allai fesur yr allbwn arbedion, ac integreiddio hyn yn y broses:</p> <p><i>"Ond dwi'n meddwl bod angen i sawl darn o'r jig-so ddod at ei gilydd. Ar un llaw, mae'n rhaid bod gennych fethodolegau cadarn a safonol ar gyfer asesu hynny, a bod gennych y bobl â'r sgiliau cywir i wneud hynny, mewn unrhyw le domestig, mae adeiladau mor wahanol o ran pob math o agweddau o'r adeiladwaith i'r defnydd a'r galwedigaeth ac ati, a rwy'n meddwl, os ydych am i unigolyn wneud y math hwnnw o asesiad, mae angen iddynt gael eu hyfforddi'n iawn."</i></p>

6. Hyd yn oed gyda phresenoldeb gwerthuswr hyfforddedig, mae rôl ar gyfer dilysu data'n awtomatig ochr yn ochr â diffiniad clir o safonau data mewnbwn a digonolrwydd:

"Rwy'n credu y bydd gan ymyrraeth ddynol le oherwydd bydd rhywun sydd wedi'i hyfforddi'n dda yn gwybod am allu arsylwi ar bethau ar y safle. Hyd yn oed gweithredu'r mesurau effeithlonrwydd ynni. Ar y llaw arall, mae'n 'crap in, crap out'. Dydych chi ddim yn gwybod beth sy'n cael ei roi yn y system, ond wrth groesgyfeirio â data go iawn, gallwch greu system sydd â thraws-ddilysu."

7. Mae Adriano yn datgan ei gred bod angen gwneud gwaith ychwanegol i wneud data mesuryddion clyfar yn fwy hygyrch cyn y gellir integreiddio data mesuryddion clyfar yn effeithiol i brosesau modelu adeiladau ar raddfa fawr:

"Nawr o ran adeiladu modelau, o leiaf i ddechrau, i weld beth allwn ni ei wneud o ran rhagfynegi, neu hyd yn oed greu llinellau sylfaen, gan ddibynnu ar fynediad at ddata o fesuryddion clyfar, rwy'n meddwl ei fod yn ormod o gur pen. Mae mor anhygyrch, mae rhywfaint o'r gwaith rydyn ni'n ei wneud gyda'r brifysgol, gyda mesuryddion clyfar, y ffordd maen nhw'n cael eu dylunio, a'r ffordd mae mynediad at ddata'n cael ei ddylunio, dim ond un pwrpas maen nhw'n ei gyflawni mewn gwirionedd, sef bod yn fesurydd ffisegol ac edrych yn ôl i'r gorffennol."

Fodd bynnag, mae Adriano yn cynnig dewis arall:

"Ac felly, rhywfaint o'r gwaith rydyn ni'n ei wneud gyda'r brifysgol yw monitro amser real. Na, nid yw mor gywir â mesurydd clyfar, mae'n bosibl cael cywirdeb o x/- 1%. Ond byddai'n well gen i gael cywirdeb o +/- 1% bob eiliad yn hytrach na 0.1 +/- cywirdeb am bob hanner awr, a Duw a wŷr faint o oedi."

8. Tynnodd Adrian Wright o Happy Energy sylw at y defnydd o fethodolegau arbedion mesuredig mewn cyd-destunau penodol: darparu modelau gwres-fel-gwasanaeth a chyfiawnhau uwchraddio cysylltiedig (fel boeleri biomas); ac integreiddio arbedion mesuredig mewn ymyriadau tai cymdeithasol ar raddfa fawr, sy'n arbennig o ddefnyddiol i awdurdodau lleol sy'n ceisio adrodd ar eu heffaith ar fesurau lliniaru carbon.

Mae hyn yn dilysu ein dull dadansoddi ymyriadau, ac mae hefyd yn awgrymu pa mor ddefnyddiol yw amcangyfrif arbedion tanwydd/carbon, rhywbeth rydym yn dymuno ei integreiddio mewn un neu fwy o'r dulliau gweithredu arfaethedig.

9. Pan ofynnwyd iddo am ei brosesau amcangyfrif arbedion presennol, ac ymateb y cwsmer i'w allbynnau, dywedodd Adriano:

"Wel... does dim byd y gallaf ei roi o'u blaenau. Ar hyn o bryd, mae'n seiliedig ar "a ydw i'n ymddiried yn y person hwn ai peidio?"

Beth ydw i'n mynd i'w roi o flaen rhywun i'w feintioli? Pa ddull y gallaf ei ddefnyddio i fesur yr arbedion ynni o'r mesurau effeithlonrwydd ynni? Eto, yn dibynnu ar segment y farchnad, sut ydych chi'n mesur y cysur ychwanegol oherwydd nad oes drafft yn dod drwy eich ffenestri mwyach? Pwy a wŷr!"

Mae'r ddealltwriaeth hon yn hynod o werthfawr, gan ei bod yn dilysu'r angen am y fethodoleg rydym yn gweithio i'w chefnogi a'i darparu, yn ogystal â'r angen am ymchwil yn y

dyfodol, fel yr hyn sy'n mesur gwelliannau i ansawdd yr amgylchedd dan do, a chysur/llesiant y preswylwyr.

Crynodeb o'r Ddealltwriaeth:

- Mae dilysu safleoedd unigol yn arbennig o anodd, fodd bynnag gall newidiadau i'r polisi presennol newid lefel y cywirdeb sydd ei angen wrth i ôl-osod gael ei gyflawni ar raddfa fwy. Mae'n debygol y bydd lefel yr hyder i ddilysu ar safleoedd unigol yn deillio o faint o ddata hanesyddol eglur iawn sydd ar gael, a'r mesurau arbed ynni a ddefnyddir.
- Ni fyddai'r angen am gydlynedd ôl-osod PAS 2035 medrus yn cael ei negyddu gan y fethodoleg safonol hon. Gall y fethodoleg hon ganolbwyntio ar ddiffiniad clir o safonau data mewnbwn a digonolrwydd, gyda rôl dilysu data'n awtomataidd ar gyfer gwahanol lefelau o hyder neu ddefnyddio proffiliau achos defnydd.
- Mae mynediad at ddata mesuryddion clyfar yn dal yn rhwystr allweddol ar gyfer cyflawni'r gwaith o werthuso perfformiad ôl-osod anheddau unigol

Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu a dilysu Gwasanaethau Rhwydwaith (Hyblygrwydd):

1. Hyd yn oed petaem yn darparu dull arbed arian mesuredig â chost trafodion isel a hyblygrwydd da, efallai na fydd yn ddigonol ar gyfer y farchnad hyblygrwydd, sydd ar hyn o bryd *"yn seiliedig ar fathemateg a thrylwyredd ystadegol sy'n anodd iawn i'w ganfod a'i gymhwyso ar lefel ddomestig"*

2. Mae cofnodi newidiadau o ddydd i ddydd yn agwedd allweddol ar gyfer cael gafael ar wasanaethau hyblygrwydd rhwydwaith. Byddai dull nodweddiadol cychwynnwr prosiect, fel Adriano o Fractal Networks, yn *"dechrau gyda'r data, i fesur y mathau o ynni, a beth mae'n ei olygu o ran sut mae'n berthnasol i gapasiti'r rhwydwaith. Ac o ran rhwydwaith, mae angen i chi gydgasglu pethau. Ac yna talu sylw i'r 2 fath o adegau prysur rydych chi'n sylwi arnyn nhw yn y rhwydwaith: y galw brig a'r cyfnod cynhyrchu prysuraf"*. Mae hyn yn nodi pwysigrwydd disgrifio data mewnbwn, ond hefyd categoreiddio ymyriadau ar eu gallu i fynd i'r afael â'r galw a/neu'r cyfnod cynhyrchu brig, gan y bydd hyn yn amrywio ar draws gwahanol fathau o effeithlonrwydd ynni.

3. Mae "profi" effeithlonrwydd ynni yn allweddol, ond efallai y bydd angen i ni symud i ffwrdd o edrych am *"yr [arwyddocâd ystadegol] y byddai'r peirianwyr sy'n gofalu am ddiogelwch y cyflenwad yn gyfarwydd ag ef."*

4. Mae llawer o archwiliadau o hyblygrwydd yn ôl-weithredol ac yn cael eu cychwyn dim ond pan fydd y rhwydwaith *"yn rhagori ar ei baramedrau"*. Mae dulliau gwaelodlin presennol yn defnyddio amrywiaeth o fethodolegau gwahanol o naill ai llinell sylfaen hanesyddol neu linell sylfaen atchweliad. Mae hyn yn golygu bod rhywfaint o dderbyniad ar gyfer manau cychwyn a methodolegau amrywiol, ond mae'n rhaid i'r rhain allu bodloni'r graddau cychwynnol o drylwyredd, a'r hyn sy'n ofynnol lle nad yw'r rhwydwaith yn perfformio yn ôl y disgwyl.

5. Mae'r gost a'r taliadau sydd ar gael ar gyfer hyblygrwydd wedi "dod i'r amlwg o barodrwydd y gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu i chwarae dros hyblygrwydd: felly beth yw'r gost o ohirio'r gwaith atgyfnerthu? Faint o arian mae'n ei arbed mewn colledion neu gynnal iechyd asedau neu unrhyw beth arall sy'n ymwneud yn y bôn ag ateb peirianyddol." Yma, mae'r achos defnydd yn canolbwyntio ar ddilysu'r capasiti ychwanegol a'r effeithlonrwydd rhwydwaith a ddarperir gan yr ased, a allai gynnwys, ond heb ei gyfyngu i ystyriaethau amser defnyddio. Mae rôl y deiliad yma yn allweddol, a thynnodd Charlie ac Adriano sylw at ymateb araf gan weithredwyr rhwydweithiau dosbarthu presennol i hyblygrwydd a modelau refeniw newydd:

6. Mae'r rhwystrau i farchnad hyblygrwydd gystadleuol sy'n rhoi gwerth priodol ar ôl-osod nid yn unig yn dechnegol ond hefyd yn strwythurol: "Y peth cyntaf [sydd ei angen i fynd i'r afael â'r rhwystr i gostau trafodion a masnachu o'r gwaelod i fyny] fyddai chwalu'r gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu, y seilwaith a rolau cydlynedd y system. Rhaid eu gwahanu. Ni all y corff sy'n penderfynu ar y math gorau o fuddsoddiad fod yn barti â diddordeb wrth ddefnyddio cyfalaf. Felly dyna'r pwynt cyntaf.

7. Os yw gweithredwr y system ynni a gweithredwr y grid cenedlaethol yr un fath, bydd y broses gwneud penderfyniadau wedi'i hystumio. Os bydd gweithredwr y rhwydweithiau dosbarthu yn gweithredu fel cydlynedd y raddfa ddosbarthu, bydd pob penderfyniad wedi'i ystumio."

8. Er bod gwerthuso'n bwysig, nid oes gan lawer o ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith "ddull gwerthuso perfformiad ôl-osod, ond, yn lle hynny, byddant yn deall yn iawn beth yw'r perfformiad hwnnw gan unrhyw fath o ddarparwyr hyblygrwydd. Byddant yn gwneud y math hwnnw o ddadansoddiad a byddwn wedyn yn deall y rhagdybiaethau sydd wedi mynd i mewn i hynny ac yna, o ganlyniad, yn gallu rhoi hyblygrwydd". Yma mae'r achos defnydd yn canolbwyntio ar reolwyr asedau yn cwblhau gwerthusiad cywir ac archwiliadwy yn fewnol, er mwyn i ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith allu adolygu hyn yn annibynnol.

9. Mae contractau marchnad hyblygrwydd nodweddiadol ar draws gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu "yn tueddu i bara rhwng 1 a 4 blynedd", ond roedd Charlie hefyd yn dweud "mae achos dros farchnadoedd hyblygrwydd tymor hir a thymor byr a dylai fod yn gyfrifoldeb ar yr ased i benderfynu beth maen nhw eisiau cymryd rhan ynddo. [...] Felly, o'n safbwynt ni, dylem adael y llwybrau i'r farchnad yn gwbl agored i'r ased. Unwaith eto, fel nad ydyn ni'n elwa o unrhyw dechnoleg benodol dros un arall, ond ie, pedair blynedd yw'r cyfnod hiraf rydyn ni'n tueddu i edrych i'r dyfodol, ac edrych ar gynllun ôl-osod rhywun." Mae'r pwynt hwn yn canolbwyntio'r achos defnydd ar ddarparu gwerthusiadau ac amcangyfrifon sy'n foddhaol ar gyfer gorwelion amser o hyd at 4 blynedd, ond nid o reidrwydd y tu hwnt i'r pwynt hwn.

10. Mae Charlie Edwards yn datgelu potensial y prosiect yn ei ddatganiad: *"Mae portffolios tai ar hyn o bryd, yn fy marn i, yn adnodd hyblyg sydd wedi'i danbrasio oherwydd [...] maen nhw ar y lefel foltedd isel, maen nhw'n gallu darparu buddion yn effeithiol drwy'r rhwydwaith cyfan."* fodd bynnag mae hefyd yn nodi problem o ran aeddfedrwydd yn y farchnad hon: *"Ar hyn o bryd, nid oes gan y farchnad ffordd addas o bentyrru ffrydiau refeniw ar draws gwahanol haenau o'r rhwydwaith oherwydd bod cyfyngiadau ar yr haenau gwahanol hynny, ac o ganlyniad rwy'n credu bod eu gwerth yn cael ei danbrasio ac nid yw'n cael digon o glod."*

Mae Charlie hefyd yn nodi gwerth a pherthnasedd y gwasanaethau rhwydwaith foltedd isel hyn, ac mae gwerthuso perfformiad ôl-osod yn fwy cyffredinol, yn ehangach na dim ond y farchnad breswyl: *"Mae manteision dilysu a marchnata gwasanaethau hyblygrwydd rhwydwaith foltedd isel yn fwy na dim ond ar gyfer ôl-osod domestig, mae'n mynd ar gyfer unrhyw beth sy'n gysylltiedig â foltedd isel: sy'n tueddu i fod yn systemau ffotofoltaig bach domestig ac yn fusnesau bach neu ganolig fel arfer."*

11. Mae'r gwerthusiad rhwydwaith o berfformiad ôl-osod yn cael ei gynnal gan dîm sy'n edrych ar y farchnad hyblygrwydd yn ei chyfanrwydd yn SSEN. Ategodd Charlie bryderon Adriano am rwystrau gweinyddol/gweithdrefnol i ddarparu hyblygrwydd: *"Fy mhryder yn hyn o beth yw bod caffael yn gysylltiedig â llawer o waith rheoleiddio a biwrocratiaeth."* [...] Fodd bynnag, byddai proses gaffael fwy hyblyg, er enghraifft un yn cael ei chynnal bob 6 mis neu hyd yn oed bob mis, yn llawer mwy deinamig a byddai'n caniatáu i lawer mwy o gwsmeriaid ymuno".

Unwaith eto, mae hyn yn dilysu gwerth ein dull gweithredu, gan y byddai angen dulliau safonol a chost trafodion isel i gymryd rhan mewn marchnad hyblygrwydd fwy deinamig. Mae Charlie yn cynnig ateb yma: *"Os gallem gymhwyso pob cwmni i ddechrau ac yna'n gallu ychwanegu eu hasedau'n rheolaidd, er enghraifft os oes gennych ryw fath o ddarpariaeth effeithlonrwydd ynni fesul cam lle gallwch gael 500kW o hyblygrwydd yn y flwyddyn gyntaf ac 1MW yn yr ail flwyddyn, dylech allu gwneud hynny a dim ond uwchraddio eich sgôr asedau drwy gydol y math o gynllun."*

[...] Rwy'n credu bod gan rwydweithiau agored drwy ffrwd waith 1A gynnyrch sy'n ceisio mynd i'r afael â hynny yn y flwyddyn nesaf"

12. Y prif ddangosydd ar gyfer cefnogi effeithlonrwydd ynni i farchnadoedd ystwyth yw pennu digonolrwydd y data a'r modelu i fodloni rhyw lefel o brawf o anfon neu leihau llwyth:

"Felly byddwn yn chwilio am ryw fath o brawf o anfon, neu brawf o newid o ran lleihau llwyth. A gwneir hynny fel arfer drwy ryw fath o brawf profi. Fel arall, mae'n tueddu i gael ei asesu'n eithaf ansoddol ar y cymwysiadau hynny."

Bydd pennu manylion y profion profi hyn yn helpu i gefnogi'r achos defnydd hwn trwy ddarparu trothwyon clir o gywirdeb a hyder i weithio tuag atynt a phrofi yn eu herbyn. Fodd bynnag, gall hyn fod yn amcan ar gyfer gwaith yn y dyfodol, a ddylai gyd-fynd â datblygu marchnadoedd hyblyg deinamig yn gyffredinol fel *"busnes fel arfer' ar hyn o bryd, ond nid oes llawer iawn o hylifedd yn y farchnad ac o ganlyniad nid oes angen dull mathemategol cadarn yn aml"*.

Fodd bynnag, rhaid bod yn ofalus oherwydd mae *"symud tuag at ddull mwy mathemategol [...] angen llawer o ymgysylltu â rhanddeiliaid i'w ffurfio oherwydd, yn amlwg, drwy wneud hynny, gallech ddechrau manteisio ar asedau gwahanol neu eu rhoi dan anfantais yn annheg a'n dull gweithredu yw y dylai'r farchnad fod mor agnostig ag sy'n bosibl o ran asedau."*

Crynodeb o'r Ddealltwriaeth:

- Nid yw'r farchnad hyblygrwydd wedi cyrraedd digon o aeddfedrwydd eto ar lefel breswyl i ddefnyddio'r methodolegau safonol sy'n cael eu datblygu gan y prosiect hwn. Fodd bynnag, mae newidiadau yn yr amser a dreulir yn cofnodi defnydd yn berthnasol iawn i'r farchnad hon a marchnadoedd eraill. Felly, mae'r fethodoleg hon yn cynrychioli gwaith datblygiadol pwysig sydd ei angen i gefnogi dyfodiad marchnadoedd hyblygrwydd preswyl.
- Rhaid cyfateb y gwaith datblygiadol a wneir gan y prosiect hwn i newidiadau strwythurol mewn marchnadoedd hyblygrwydd a'r dulliau mesur a dilysu a ddefnyddir ganddynt, sy'n aml yn ôl-weithredol ac yn dibynnu ar lefelau uchel o fanylrydd ystadegol. Ymysg y newidiadau strwythurol a godwyd roedd rolau gweithredwyr rhwydweithiau dosbarthu fel deiliaid a gosodwyr prisiau, a hynny fel cydlynwyr seilwaith a systemau.
- Dylai'r fethodoleg/methodolegau terfynol alluogi rheolwyr asedau i gwblhau gwerthusiad mewnol cywir y gellir ei archwilio, er mwyn i ddarparwyr gwasanaethau rhwydwaith allu adolygu hyn yn annibynnol. Dylai'r gwerthusiad hwn fod yn fanwl dros amser o hyd at 4 blynedd, ond dylai hefyd gadw costau trafodion ar lefel mor isel â phosibl. Gall cwmnïau cyn-cymhwyso a phortffolios asedau leihau costau trafodion ymhellach.
- Ochr yn ochr â newidiadau strwythurol a newidiadau mewn marchnadoedd, dylid datblygu lefel safonol o brawf, neu brawf profi, ar y cyd. Dylai'r prawf profi hwn gyd-fynd â datblygu marchnadoedd hyblyg deinamig, ond bydd angen ymgysylltu'n drylwyr â rhanddeiliaid i sicrhau nad yw unrhyw fanylrydd mathemategol ychwanegol yn rhoi mantais annheg i asedau penodol.

Gwerthuso Portffolio Ôl-osod ar gyfer asesu risgiau ac adenillion ar fuddsoddiad (gan lywio'r gwaith o dargedu a phrisio buddsoddiadau ymyrryd):

1. Mae lle i gyfuno – p'un a yw wedi'i integreiddio o'r dechrau neu'n cael ei ddefnyddio fel dull dilynol i drosi amcangyfrifon unigol yn bortffolios daearyddol:

"gallwch ddechrau gydag un annedd, neu un busnes bach neu ganolig, a pharhau i ychwanegu rhai, ac yna maen nhw'n cael effaith mewn cyd-destun geo-ofodol, neu ran benodol o'r rhwydwaith trydan. [...] Os gallwch osod y pyllau rhithwir hyn at ei gilydd, gallech ddechrau masnachu'r effeithlonrwydd ynni hwn.

Rwy'n credu bod y potensial i greu gwerth yno yn dod o gyfle i leihau costau trafodion drwy gyfuno, yn ogystal â lleihau risg, gan y gallwch gymryd ymagwedd bortffolio tuag ato. Ond hefyd, bydd y cwantwm enfawr o arian ac ynni yn dod yn ddeniadol i wahanol chwaraewyr, chwaraewyr ar raddfa fwy, a chyllid."

2. Fodd bynnag, mae isafswm maint ar gyfer cyfuno gwasanaethau a gwerth effeithlonrwydd ynni yn ystyrion: *"Yn anffodus, nid yw asedau bach yn gwneud synnwyr o ran y ffordd y mae'r system yn gweithio ar hyn o bryd. Mae'r ffrydiau refeniw sydd ar gael mor druenus, nid yw'n gweithio oni bai eich bod yn ymdrin â graddfa megawat. Mae angen i chi hefyd ddod o hyd i ffyrdd o bentyrru mwy nag un ffrwd refeniw drwy gael gafael ar wahanol wasanaethau."*

3. Trafododd Adriano sut mae llwyddiant yn cael ei fesur ar draws y farchnad, gan godi pwnc meysydd segmentu cwsmeriaid: *"bydd gan wahanol bobl a gwahanol fusnesau wahanol anghenion. [Ar gyfer] rhai ardaloedd/segmentau demograffig cymdeithasol, ... gallai'r manteision ariannol uniongyrchol fod o lai o werth na signalau eraill. Mae'n debyg bod rhai pobl, y bobl sy'n wyrdd, yn enwedig y dosbarth canol a'r dosbarth canol uchaf y segment hwnnw, mae allyriadau CO₂ yn bwysicach iddyn nhw na'r budd ariannol uniongyrchol",* gan gefnogi'r angen i ddylunio methodoleg safonol a all ddarparu allbynnau defnyddiol i'r holl segmentau hyn, gan gynnwys arbedion ariannol, tanwydd, ynni a charbon.

4. Trafododd Adriano sut mae llwyddiant yn cael ei fesur ar draws y farchnad, gan godi pwnc meysydd segmentu cwsmeriaid: *"bydd gan wahanol bobl a gwahanol fusnesau wahanol anghenion. [Ar gyfer] rhai ardaloedd/segmentau demograffig cymdeithasol, ... gallai'r manteision ariannol uniongyrchol fod o lai o werth na signalau eraill. Mae'n debyg bod rhai pobl, y bobl sy'n wyrdd, yn enwedig y dosbarth canol a'r dosbarth canol uchaf y segment hwnnw, mae allyriadau CO₂ yn bwysicach iddyn nhw na'r budd ariannol uniongyrchol",* gan gefnogi'r angen i ddylunio methodoleg safonol a all ddarparu allbynnau defnyddiol i'r holl segmentau hyn, gan gynnwys arbedion ariannol, tanwydd, ynni a charbon.

5. Pan ofynnwyd iddo am ei brosesau amcangyfrif arbedion presennol, ac ymateb y cwsmer i'w allbynnau, dywedodd Adriano:

"Wel... does dim byd y gallaf ei roi o'u blaenau. Ar hyn o bryd, mae'n seiliedig ar "a ydw i'n ymddiried yn y person hwn ai peidio?"

Beth ydw i'n mynd i'w roi o flaen rhywun i'w feintoli? Pa offeryn y gallaf ei ddefnyddio i fesur

arbedion ynni gan fesurau effeithlonrwydd ynni? Eto, yn dibynnu ar segment y farchnad, sut ydych chi'n mesur y cysur ychwanegol oherwydd nad oes drafft yn dod drwy eich ffenestri mwyach? Pwy a wŷyr!"

Mae'r ddealltwriaeth hon yn hynod o werthfawr, gan ei bod yn dilysu'r angen am y fethodoleg rydym yn gweithio i'w chefnogi a'i darparu, yn ogystal â'r angen am ymchwil yn y dyfodol, fel yr hyn sy'n mesur gwelliannau i ansawdd yr amgylchedd dan do, a chysur/llesiant y preswylwyr.

6. O ran datblygu'r dull hwn i ddarparu allbynnau ar gyfer achosion defnydd cyfrifyddu carbon, dywedodd Adriano "ar hyn o bryd, mae'n fwy o drafferth nag o werth, ond os daw marchnad garbon weithredol yn realiti, yna'n bydd yn ffrwd referniw bosibl."

Crynodeb o'r Ddealltwriaeth:

- Dylai'r fethodoleg/methodolegau terfynol ei gwneud yn bosibl cyfuno prosiectau yn uwch na maint lleiaf, p'un ai eu bod wedi'u cwblhau o'r gwrthbwysu neu drwy gyfuno amcangyfrifon arbedion. Dylid pennu'r maint defnyddiol lleiaf ar gyfer cyfuno mewn ymchwil dilynol
- Mae angen dylunio ein methodoleg(au) safonol er mwyn iddynt allu darparu allbynnau defnyddiol i segmentau amrywiol o gwsmeriaid preswyl, gan gynnwys dulliau o ddarparu arbedion ariannol, tanwydd, ynni a charbon. Er gwaethaf pwysigrwydd arbedion carbon i rai segmentau o gwsmeriaid, ni ellir cysylltu'r amcangyfrifon arbedion hyn yn ddibynadwy â ffrydiau referniw eto oherwydd diffyg marchnadoedd carbon gweithredol ar y raddfa breswyl.

Cyfeiriadau

- Allinson, D. (2022). *Technical Evaluation of SMETER Technologies (TEST) Project: Executive Summary*. Adran Busnes, Ynni a Strategaeth Ddiwydiannol y DU .
- American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). (2014). *Guideline 14-2014, Measurement of Energy and Demand Savings*. Atlanta: American Society of Heating, Ventilating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE).
- BSI Group. (2022). *BS 40101: BUILDING PERFORMANCE EVALUATION OF OCCUPIED AND OPERATIONAL BUILDINGS (USING DATA GATHERED FROM TESTS, MEASUREMENTS, OBSERVATIONS AND USER EXPERIENCE) - SPECIFICATION*. BSI Group.
- CalTRACK. (n.d.). *Hafan CalTRACK*. Cyrchwyd o CalTRACK.org: <https://www.caltrack.org/> Energy Unlocked; Quantenergy. (2021, Tachwedd). *The Carbon Flex Project*. Cyrchwyd o energyunlocked.org: <https://www.energyunlocked.org/carbonflex>
- Global Modeling and Assimilation Office (GMAO). (2022, 6 1). *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2*. Cyrchwyd o gmao.gsfc.nasa.gov: https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/citing_MERRA-2/
- Hebes.IO. (2021, 12 9). *hebes-io/eensight*. Cyrchwyd o [github.com](https://github.com/hebes-io/eensight): <https://github.com/hebes-io/eensight>
- Jack, R., Smith, L., England, R., a Gill, Z. (2021). *SmartHTC Validation Report*. Build Test Solutions.
- Lawrence Berkeley National Laboratory. (n.d.). *RMV2.0 - LBNL M&V2.0 Tool*. Cyrchwyd o [Github.IO](https://lbnl-eta.github.io/RMV2.0/): <https://lbnl-eta.github.io/RMV2.0/>
- Mathieu. (2011). Quantifying Changes in Building Electric Load, With Application to Demand Response. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 507-518.
- McCann, K. (2022). *Smart Solar Homes: The Journey to Net Zero*. Cyrchwyd o [SolarEnergyUK.org](https://solarenergyuk.org/resource/smart-solar-homes/): <https://solarenergyuk.org/resource/smart-solar-homes/>
- MCS Charitable Foundation. (2019). *MCS Guidance Document: MGD 003 | Determining the Electrical Self-Consumption of Domestic Solar Voltaic (PV) Installations with and without Electrical Energy Storage*. Cheshire: MCS Charitable Foundation.
- Miller, C. a. (2020). The ASHRAE Great Energy Predictor III competition: Overview and results. *Science and Technology for the Built Environment*, 1427–1447.
- National Grid ESO. (2022). *Carbon Intensity API*. Cyrchwyd o carbonintensity.org.uk: <https://carbonintensity.org.uk/>
- OpenEEmeter. (2019). *Tutorial: CalTRACK Methods*. Cyrchwyd o <http://eemeter.openee.io/>: <http://eemeter.openee.io/tutorial.html#caltrack-hourly-methods>
- Rathmell, A., Oreszczy, T., Phillips, J., Thomas, S., a Jofeh, C. (2021). *Towards a protocol for metered energy savings in UK buildings*. Green Finance Institute.
- Ruano A, H. A. (2019). NILM Techniques for Intelligent Home Energy Management and Ambient Assisted Living: A Review. *Energies*, 12(11):2203. <https://doi.org/10.3390/en12112203> .
- Solar Energy UK. (2022). *The Value of Solar Property: The financial benefits of a solar-powered future*. Cyrchwyd o [SolarEnergyUK.org](https://solarenergyuk.org/resource/the-value-of-solar-property-report/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1): <https://solarenergyuk.org/resource/the-value-of-solar-property-report/?cn-reloaded=1&cn-reloaded=1>

Suffian, S. (2021, July 6). *openeemeter/eemeter*. Cyrchwyd o github.com:
<https://github.com/openeemeter/eemeter>

SuperHomes. (2022). *Hafan SuperHomes*. Cyrchwyd o SuperHomes.org.uk/: <https://superhomes.org.uk/>

TOUZANI, S. G. (2018). GRADIENT BOOSTING MACHINE FOR MODELING THE ENERGY CONSUMPTION OF COMMERCIAL BUILDINGS. *ENERGY AND BUILDINGS*, PP.1533-1543.

Llywodraeth y DU. (2021, Mehefin 2). *Casgliad: Government transaction factors for company reporting of greenhouse gas emissions*. Cyrchwyd o gov.uk:
<https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>

Llywodraeth Cymru. (2021, 10 9). *CANLLAW: Y Rhaglen Ôl-osod er mwyn Optimeiddio*. Cyrchwyd o llyw.cymru: <https://www.llyw.cymru/y-rhaglen-ol-osod-er-mwyn-optimeiddio>

Llyfryddiaeth

ASHRAE Guideline 14-2014: Measurement of Energy, Demand, and Water Savings. ASHRAE. 18 Rhagfyr, 2014

Gneiting, T. a Raftery, A. E. (2007). Strictly proper scoring rules, prediction, and estimation. *Journal of the American Statistical Association*, 102(477):359–378

TRWYDDED/YMWADIAD

Trwydded Gyfyngedig Energy Systems Catapult (ESC) ar gyfer Caerau Comfort fel Prosiect Gwasanaeth, Modelu Deinameg Ynni Cartref

Mae ESC yn gwneud yr adroddiad hwn ar gael o dan yr amodau canlynol. Bwriad hyn yw sicrhau bod y Wybodaeth yn yr adroddiad hwn ar gael ar sail debyg i'r hyn a geir o dan y Drwydded Llywodraeth Agored, ond nid yw'n Hawlfraint y Goron: mae'n eiddo i ESC. Dan drwydded o'r fath, gall ESC ddarparu'r Wybodaeth o dan delerau'r drwydded hon. Fe'ch anogir i Ddefnyddio ac ailddefnyddio'r Wybodaeth sydd ar gael o dan y drwydded ESC hon yn rhydd ac yn hyblyg, gyda dim ond ychydig o amodau.

Defnyddio gwybodaeth o dan y drwydded ESC hon

Mae defnyddio'r Wybodaeth yn dangos eich bod yn derbyn y telerau a'r amodau isod. Mae ESC yn rhoi trwydded i chi ddefnyddio'r wybodaeth yn amodol ar yr isod.

Mae croeso i chi wneud y canlynol:

- copïo, cyhoeddi, dosbarthu a throsglwyddo'r Wybodaeth;
- addasu'r Wybodaeth;
- defnyddio'r Wybodaeth yn fasnachol ac yn anfasnachol, er enghraifft drwy ei chyfuno â gwybodaeth arall, neu drwy ei chynnwys yn eich cynnyrch neu eich defnydd eich hun.

Pan fyddwch Chi'n gwneud unrhyw un o'r uchod, rhaid i chi wneud y canlynol:

- cydnabod ffynhonnell y Wybodaeth drwy gynnwys y gydnabyddiaeth ganlynol:
 - a) "Daw'r wybodaeth o '**Caerau Comfort fel Prosiect Gwasanaeth, Modelu Deinameg Ynni Cartref**' Energy Systems Catapult";
 - b) darparu copi neu ddolen i'r drwydded hon;
 - c) datgan bod y Wybodaeth yn cynnwys gwybodaeth hawlfraint a drwyddedir o dan y Drwydded ESC hon.
 - d) caffael a chynnal yr holl drwyddedau angenrheidiol gan unrhyw drydydd parti sydd eu hangen i Ddefnyddio'r Wybodaeth.

Mae'r rhain yn amodau pwysig i'r drwydded hon ac os byddwch Chi'n methu â chydymffurfio â nhw, bydd yr hawliau a roddir i Chi o dan y drwydded hon, neu unrhyw drwydded debyg a roddir gan ESC, yn dod i ben yn awtomatig.

Eithriadau

Mae'r drwydded hon yn berthnasol i'r Wybodaeth yn unig ac nid yw'n cynnwys:

- e) data personol yn y Wybodaeth;
- f) nodau masnach ESC;
- g) unrhyw hawliau eiddo deallusol eraill, gan gynnwys patentau, nodau masnach a hawliau dylunio.

Dim cymeradwyaeth

Nid yw'r drwydded hon yn rhoi unrhyw hawl i Chi Ddefnyddio'r Wybodaeth mewn ffordd sy'n awgrymu unrhyw statws swyddogol neu fod ESC yn eich cymeradwyo Chi neu eich Defnydd o'r Wybodaeth.

Dim gwarantiaid nac atebolrwydd

Mae'r Wybodaeth ar gael i Chi ei defnyddio'n ddi-dâl. Wrth lwytho'r Wybodaeth i lawr, rydych Chi'n derbyn y sail y mae'r ESC yn ei darparu. Mae'r Wybodaeth wedi'i thrwyddedu 'fel y mae' ac nid yw ESC yn eithrio pob sylw, gwarant, rhwymedigaeth ac atebolrwydd mewn perthynas â'r Wybodaeth i'r graddau eithaf a ganiateir gan y gyfraith.

Nid yw ESC yn atebol am unrhyw wallau neu hepgoriadau yn y Wybodaeth ac ni fydd yn atebol am unrhyw golled, anaf neu ddifrod o unrhyw fath a achosir gan ei Defnyddio. Mae'r eithrio hwn o atebolrwydd yn cynnwys, ond nid yw'n gyfyngedig i, unrhyw iawndal uniongyrchol, anuniongyrchol, arbennig, achlysurol, canlyniadol, cosbol neu ragorol ym mhob achos fel colli refeniw, data, elw a ragwelir, a busnes a gollwyd. Nid yw ESC yn gwarantu y parheir i ddarparu'r Wybodaeth.

Y gyfraith sy'n rheoli

Bydd y drwydded hon ac unrhyw anghydfod neu hawliad sy'n deillio ohoni neu mewn cysylltiad â hi (gan gynnwys unrhyw hawliadau neu anghydfodau nad ydynt yn ymwneud â chontractau) yn cael eu llywodraethu a'u dehongli yn unol â chyfreithiau Cymru a Lloegr ac mae'r partiön yn ildio'n ddi-droi'n-ôl i awdurdodaeth anghyngywysol llysoedd Lloegr.

Diffiniadau

Yn y drwydded hon, dyma ystyron y termau isod: Mae 'gwybodaeth' yn golygu gwybodaeth a ddiogelir gan hawlfraint neu hawl cronfa ddata (er enghraifft, gweithiau llenyddol ac artistig, cynnwys, data a chod ffynhonnell) a gynigir i'w Defnyddio o dan delerau'r drwydded hon. Mae 'ESC' yn golygu Energy Systems Catapult Limited, cwmni sydd wedi'i gorffori a'i gofrestru yng Nghymru a Lloegr o dan y rhif cwmni 8705784. Mae ei swyddfa gofrestredig yn Cannon House, 7th Floor, The Priory Queensway, Birmingham, B4 6BS. Mae 'defnydd' yn golygu gwneud unrhyw weithred sydd wedi'i chyfyngu gan hawlfraint neu hawl cronfa ddata, boed hynny yn y cyfrwng gwreiddiol neu mewn unrhyw gyfrwng arall, ac mae'n cynnwys, heb gyfyngiad, dosbarthu, copïo, addasu neu newid fel sy'n angenrheidiol yn dechnegol i'w defnyddio mewn dull neu fformat gwahanol. Mae 'Chi' yn golygu'r person naturiol neu gyfreithiol, neu gorff o bersonau corfforaethol neu gorfforedig, sy'n caffael hawliau o dan y drwydded hon.

Mae Energy Systems Catapult yn cefnogi arloeswyr i ryddhau cyfleoedd o'r newid i system ynni clyfar a glân.

Energy Systems Catapult

7th Floor, Cannon House

18 Priory Queensway

Birmingham

B4 6BS

es.catapult.org.uk

info@es.catapult.org.uk

+44 (0)121 203 3700