

Erydiad morlinau rhew parhaol yr Arctig

Astudiaeth achos o ynys Qikiqtaruk

Steven J. Kazlowski / 7 Alamy Stock Photo

Toddiant y rhew parhaol yn symud y tir yn ei ôl ar hyd arfordir yr Arctig

Wrth i'r moroedd godi a chynhesu oherwydd newid hinsawdd, mae erydiad arfordirol y tir rhew parhaol yn yr Arctig yn dod yn broblem ddifrifol. Mae'r erthygl hon yn esbonio'r prosesau a'r bygythiadau, ac mae'n disgrifio sut mae pobl yn defnyddio dronau canfod o bell i fesur a chofnodi'r newidiadau. Mae'n dangos sut mae newid hinsawdd, peryglon arfordirol a'r gylchred garbon yn rhyngweithio â'i gilydd, yn ogystal â sut mae technoleg canfod o bell yn cael ei defnyddio mewn gwaith maes

Andrew Cunliffe
a Jo Snöälvi

Erydiad arfordirol y tirweddau rhew parhaol yn yr Arctig yw un o'r newidiadau mwyaf blaenllaw a pheryglus sy'n digwydd mewn ymateb i gynhesu hinsawdd. Mae newid hinsawdd wedi golygu bod y cyfnodau heb iâ yn para'n hirach, a bod lefel y môr yn codi, ac mae'r ddau beth yn ffactorau pwysig mewn erydiad arfordirol. Mae'r erthygl hon yn crynhoi'r problemau ac yn cyflwyno astudiaeth achos o'r newid cyflym sy'n digwydd i draethlin rhew parhaol yng ngogledd Canada – newid sy'n cael ei fonitro gan gerbydau awyrol heb griw (dronau). Mae'n esbonio sut mae'r newidiadau hyn yn gallu effeithio ar weithgareddau dynol ac ar y gylchred garbon.

Yr Arctig newidiol

Yr Arctig yw'r rhanbarth sy'n cynhesu gyflymaf ar y Ddaear. Wrth i'r tymheredd godi, mae'n achosi newidiadau yn y prosesau ffisegol a biolegol sy'n siapiau tirweddau rhew parhaol. Pan

fydd rhew parhaol yn diraddio oherwydd newid hinsawdd, mae'n cael effeithiau uniongyrchol ac anuniongyrchol ar systemau naturiol a hefyd ar isadeiledd a gweithgareddau dynol. Un o'r prif ffyrdd mae rhew parhaol yn cael ei ddiraddio yw drwy erydiad arfordirol, sy'n digwydd ar hyd y morlinau Arctig yn Siberia a gorllewin Gogledd America. Y patrwm arferol dros y degawdau diwethaf yw bod clogwyni rhew parhaol yr Arctig wedi erydu hanner metr y flwyddyn, ond mae'n bosibl bod hyn yn cyflymu.

Pam mae arfordiroedd rhew parhaol yn erydu?

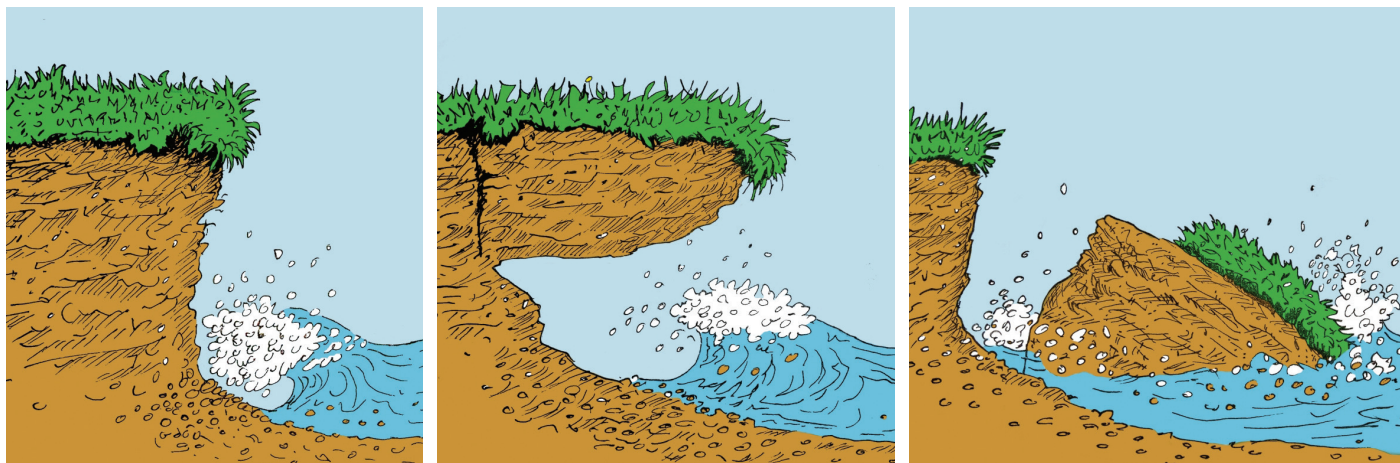
Mae enciliad ac erydiad arfordirol y rhew parhaol yn cael ei achosi'n bennaf gan **thermo-sgrafelliad**. Mae hon yn broses ffisegol lle mae dŵr cynhesach, ynghyd â'r egni mecanyddol sy'n dod o weithred y tonnau, yn cynhesu ac yn erydu'r rhew parhaol. Mae thermo-sgrafelliad yn tandorri blyffiau arfordirol ar hyd y morlin, gan

greu darnau sy'n bargodi yn aml iawn ac sydd wedyn yn torri i ffwrdd ac yn disgyn i mewn i'r môr fel blociau mawr (Ffigur 1). Ar y dechrau, mae'r blociau hyn o ddefnydd sydd wedi rhewi yn diogelu gwaelod y blwff rhag mwy o weithred y tonnau, ond yna mae'r môr yn cynhesu ac yn erydu'r blociau hyn.

Mae amrywiadau yn lefel y môr, egni'r tonnau a thymheredd arwyneb y môr yn effeithio ar y gyfradd erydu, ac mae ymchwil diweddar wedi dangos sut mae stormydd yn gallu cyfrannu at greu newidiadau sydyn i draethlinau rhew parhaol.

A yw hyn yn gwaethygu?

Mae adroddiadau wedi dod o safleoedd o amgylch yr Arctig sy'n awgrymu bod y traethlinau rhew parhaol wedi bod yn erydu'n gyflymach yn y blynyddoedd a'r degawdau diwethaf. Ddydy'r dystiolaeth ddim yn derfynol, ond byddai cyflymiad yr erydiad yn cyd-fynd â



Ffigur 1 Erydiad yr arfordir rhew parhaol gan brosesau thermo-sgraffeliad a wnaeth arwain at dandorri ac yna methiant bloc

newidiadau eraill rydyn ni'n gwybod amdany'n nhw. Er enghraifft, ym mhob ardal bron iawn, mae'r hinsawdd sy'n cynhesu yn achosi i'r iâ môr doddi'n gynharach yn y gwanwyn ac ailrewi'n hwyrach yn yr hydref. Mae hyn yn golygu bod y cyfnodau o ddŵr agored yn para'n hirach pan mae traethlinau rhew parhaol yn agored i'r prosesau thermo-sgraffeliad.

Peth arall sy'n dylanwadu ar gyfraddau encilio'r traethlinau yw'r codiad yn lefel gymharol y môr. Achos hyn yw cyfuniad o godiad byd-eang yn lefel y môr (effeithiau **ewstateg**) a suddiad y tir mewn ymateb i doddiant yr iâ o'r oes iâ ddiwethaf (effeithiau **isostateg**).

Pam mae hyn yn bwysig?

O amgylch yr Arctig, mae erydiad y morlinau rhew parhaol yn gollwng meintiau mawr o waddodion i mewn i'r môr gerllaw'r lan. Yn aml iawn, mae'r gwaddodion hyn yn cynnwys llawer iawn o ddefnydd organig, felly maen nhw'n cynrychioli trosglwyddiad carbon o'r ecosystem ddaearol i mewn i'r cefnfor. Mae ymchwilwyr yn gweithio i geisio deall sut mae'r maetholion ychwanegol hyn yn dylanwadu ar ecosystemau arfordirol, a beth sy'n digwydd i'r carbon sy'n mynd i mewn i'r môr.

Mae'n bwysig gwybod ble mae'r carbon hwn yn mynd, oherwydd mae'n cael ei dynnu allan o'r rhew parhaol lle mae wedi cael ei storio am amser maith.

■ Os ydy'r carbon yn cael ei fetaboleiddio yn y cefnfor, gan ryddhau carbon deuocsid i'r atmosffer, yna mae hyn yn cynrychioli adborth cadarnhaol: cynyddu nwyon tŷ gwydr gan arwain at fwy o gynhesu hinsawdd.

■ Ar y llaw arall, os ydy'r carbon sydd wedi erydu yn cael ei gladdu yng ngwaddodion llawr y cefnfor, y cwbl mae hyn yn ei gynrychioli yw symudiad carbon o un storfa dymor hir i un arall.

Mae'r erydiad arfordirol yn yr Arctig yn cael effaith uniongyrchol ar bobl hefyd. Yn aml iawn, mae aneddiadau dynol i'w cael mewn ardaloedd arfordirol, yn yr Arctig fel y maen nhw mewn rhannau eraill o'r byd. Wrth i ni golli'r ardaloedd ar y morlin, mae'r aneddiadau hyn dan risg uchel. Mae hyn yn bygwth safleoedd o hanes diwylliannol pwysig ac mae'n difrodi isadeiledd modern sy'n hanfodol i gymunedau lleol.

Astudiaeth Achos: Qikiqtaruk, Tir Yukon, Canada

Mae Qikiqtaruk yn ynys gerllaw arfordir gogleddol Tir Yukon, Canada, yn rhan orllewinol y Cefnfor Arctig (Ffigur 2). Mae ar ledred o 69° i'r Gogledd, a rhew parhaol llawn iâ yw'r rhan fwyaf o arwynebedd 110 km² yr ynys hon. Mae arwyneb y môr o'i hamgylch yn rhewi'n solet o fis Hydref i fis Mehefin, felly ychydig iawn o erydu sy'n digwydd drwy gydol y gaeafau caled. Unwaith mae'r iâ môr yn torri yn ystod yr hafau byr, mae erydiad

thermo-sgraffeliad yn digwydd ar y draethlin rhew parhaol.

O amgylch yr ynys gyfan, enciliodd y draethlin 0.45 m bob blwyddyn rhwng 1970 a 2000, a 0.68 m bob blwyddyn rhwng 2000 a 2011. Wrth i'r hinsawdd gynhesu, mae'r iâ môr yn toddi'n gynharach ac yn rhewi'n hwyrach bob blwyddyn, gan roi mwy o gyfle i'r cefnfor gynhesu ac i stormydd guro'r arfordir gyda thonau.



Ffigur 2 Map yn dangos lleoliad yr astudiaeth

Blwch I Mesur y newid graddfa fân yn y draethlin

Mae'n bosibl mesur safleoedd y draethlin ar y tir gan ddefnyddio cyfarpar fel systemau lloeren llywio byd-eang, e.e. GPS. Ond, mae dulliau tirlfesur fel hyn yn mynnu llawer o oriau gwaith, ac mae sefyll ar ben blyffiau sy'n dod yn ddarnau yn gallu bod yn beryglus.

Gallwn ni weld traethlinau hefyd mewn lluniau sydd wedi'u tynnu gan loerenni, ond mae'r lluniau lloeren sydd ar gael i bawb yn lluniau gyda chydriadiad gofodol bras ac mae'n anodd gweld newidiadau ynddyn nhw sy'n llai na maint piccel. Mae hyn yn golygu mai'r cwbl y bydd lluniau lloeren yn ei dangos fel arfer yw newidiadau gweddol fawr yn safle'r draethlin – newid o nifer o fetrau neu fwy. Yn ogystal, mae camerâu optegol yn y gofod ond yn gallu gweld arwynebydd y Ddaear pan mae'r atmosffer yn glir o gymylau; mae'r cymylau yn eu rhwystro rhag gweld. Gan fod yr Arctig yn aml yn gymylog, bydd y camerâu lloeren yn mynd ar

nifer o orbitau heb dynnu unrhyw lun o gwbl o'r ardaloedd targed. Mae'r holl broblemau hyn yn golygu nad ydy'r lluniau lloeren yn dangos pob newid yn y traethlinau.

Mae'r datblygiadau yn y technolegau drôn yn caniatáu i wyddonwyr weld amgylcheddau newidiol mewn ffyrdd newydd. Mae'n bosibl defnyddio dronau cyffredin ar gyfer defnyddwyr pob dydd i dynnu ffotograffau cydraniad mân er mwyn cofnodi safleoedd y traethlinau, gan hedfan o dan y cymylau pan mae angen. Gall y dronau gael eu defnyddio i gasglu mesuriadau mor aml ag y bydd angen (pan mae'r tywydd yn caniatáu hynny), weithiau bob deuddydd neu dri, gan gofnodi newidiadau bach yn safleoedd y draethlin. Yna bydd yn bosibl cysylltu'r newidiadau hyn gyda ffactorau fel amodau meteorolegol, lefel y môr a thymheredd arwynebydd y môr, i ddysgu rhagor am y pethau sy'n rheoli'r newid yn y draethlin.

GEIRFA

Cyfnodol Pan fydd cyfres o ddigwyddiadau'n digwydd yn afreolaidd ac ar wahân.

Ewstatig Lefel y môr yn newid am fod maint y dŵr yn y cefnforoedd wedi newid.

Isostatig Lefel y môr yn newid am fod yr eangdiroedd yn codi neu'n disgyn.

Rhew parhaol Haen o dir o dan yr arwynebydd sy'n aros yn is na'r rhewbwynt am fwy na 2 flynedd.

Thermo-sgrafelliad Erydiad rhew parhaol drwy gyfuniad o weithredu mecanyddol a gweithrediad thermol dŵr y môr.

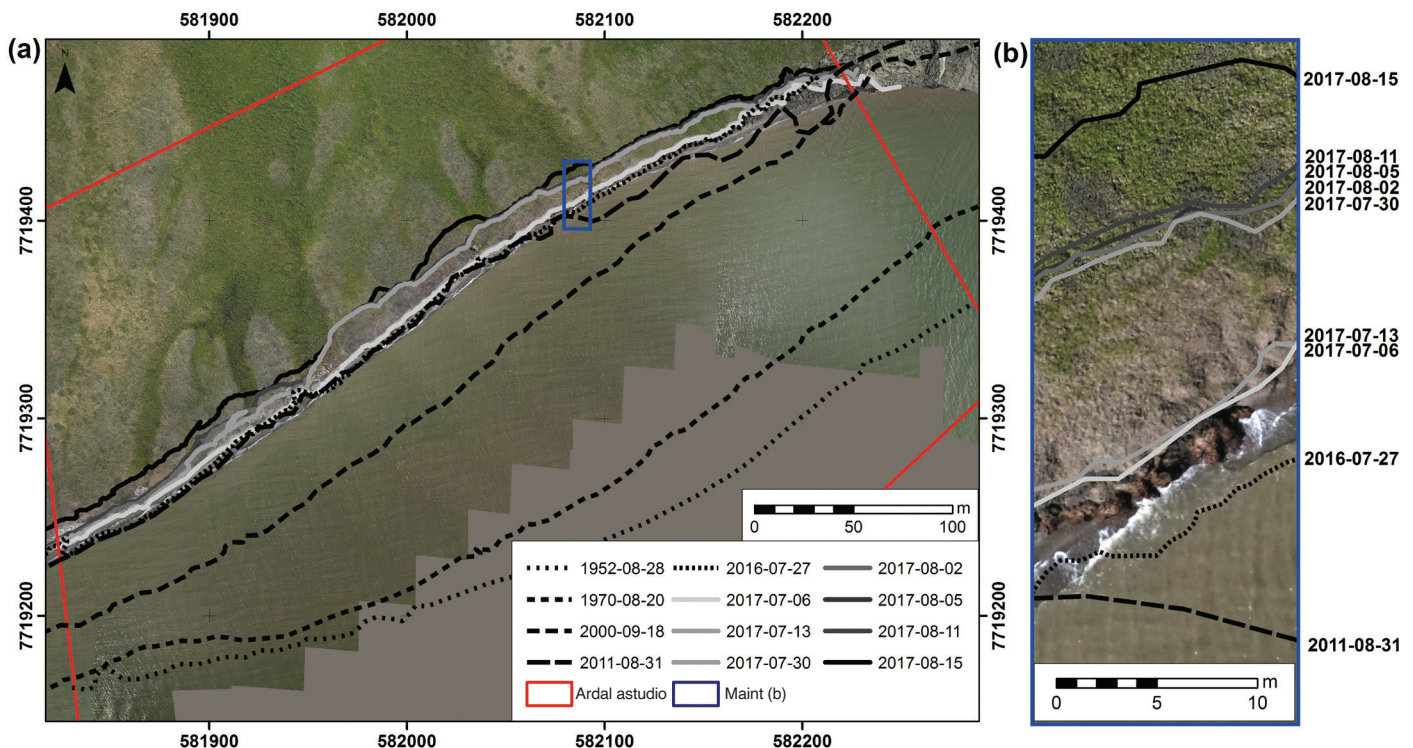
Ymchwiliad canfod o bell

Yn haf 2017, cafodd darn o arfordir Qikiqtaruk yn mesur 500 m ei dirfesur dro ar ôl tro gyda dronau ysgafn (Blwch 1). Proseswyd y ffotograffau a dynnwyd o'r awyr i gynhyrchu delweddau cyfansawdd a chafodd y draethlin ei dargopio gyda llaw (Ffigurau 3 a 4). Gwelwyd bod y draethlin hon wedi encilio 14.5 m mewn dim ond 40 diwrnod. Cyfradd sydd chwe gwaith yn gyflymach na'r cyfartaledd dros y tymor hir, sef 2.2 m y flwyddyn (o 1952 hyd at 2017). Roedd mwy na metr y dydd o draethlin yn cael ei gollu yn ystod rhai cyfnodau, a dros 40 diwrnod yr arolwg, cafodd tua 19,000 m³ o ddefnydd rhew parhaol ei erydu o'r blyffiau arfordirol.

Roedd ailadrodd y tirlfesur dro ar ôl tro, gyda drôn, yn dangos bod yr erydiad yn hynod

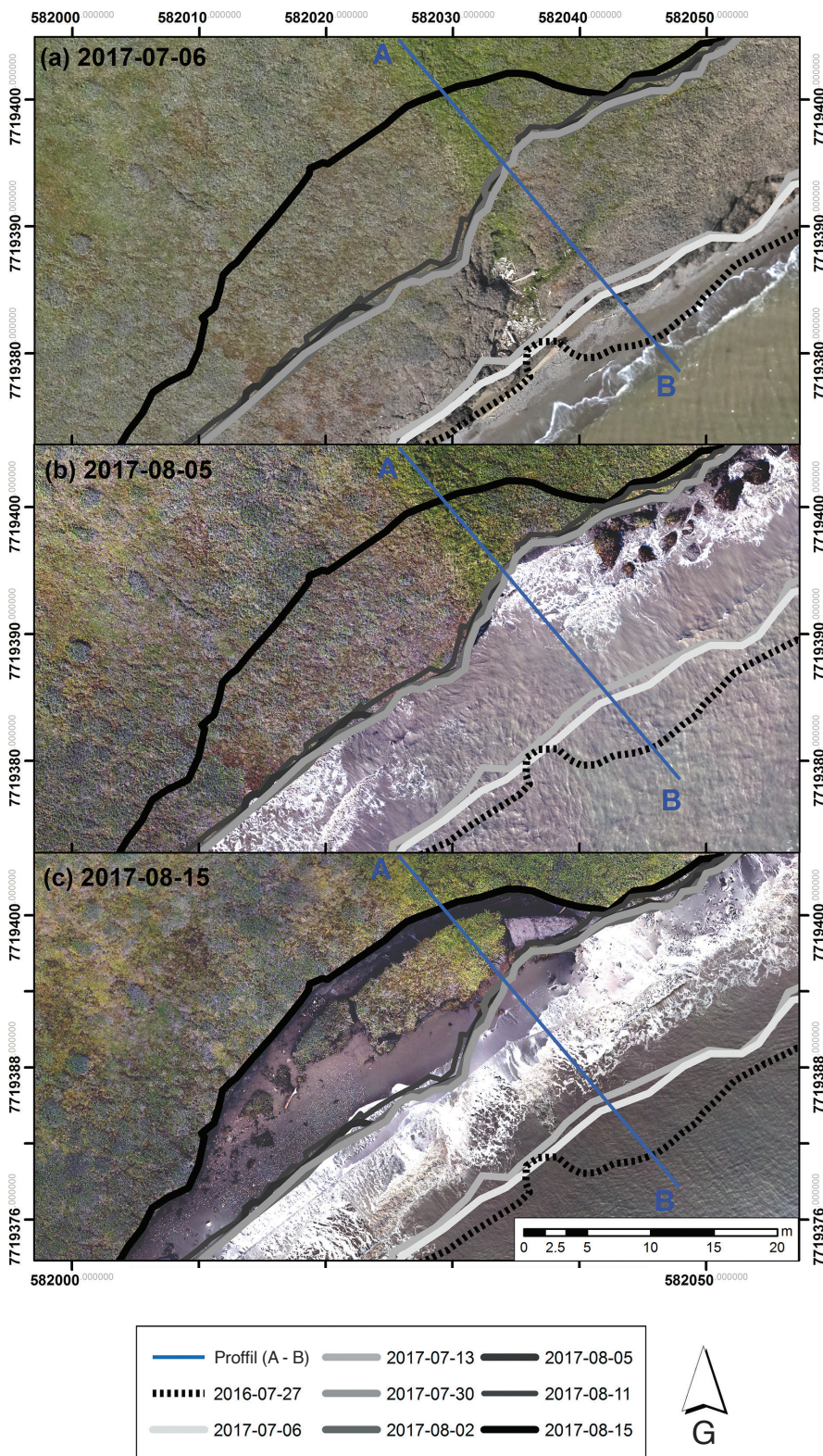
gyfnodol, yn hytrach na bod yn gyson drwy'r amser (Ffigurau 3 a 4). Yn ystod y stormydd dwys oedd yn digwydd bron yn wythnosol, roedd y gwyntoedd cryf yn dylanwadu ar lefelau'r môr ac egni'r tonnau, gan gyflymu'r prosesau erydu thermo-sgrafelliad a thandorri'r blyffiau rhew parhaol (Ffigur 1). Mae'r canfyddiadau hyn yn dangos natur gyfnodol y newid yn y draethlin a'r rôl bwysig sydd gan stormydd ar hyd y morlinau rhew parhaol. Mae ein dealltwriaeth ni o'r ddau beth yn wael.

Mae'r arsylwadau amledd uchel hyn gyda drôn yn gweddnewid y ffordd mae ymchwiliadwyr a chymunedau yn gallu gweld y newidiadau arfordirol er mwyn dod i'w deall nhw'n iawn.



Ffynhonnell: Cunliffe et al. (2019) *The Cryosphere*, DOI:10.5194/tc-13-1513-2019

Ffigur 3 (a) Trosolwg o'r ardal astudio 500 m, yn dangos pob un o 12 lleoliad y draethlin ers 1952, wedi'u gosod dros fap orthomosaig 6 Gorffennaf 2017. (b) Rhan o'r map wedi'i chwyddo 10 gwaith, sy'n dangos natur gyfnodol y newidiadau i'r draethlin yn y lleoliad hwn, o fewn yr ardal sydd yn y blwch ag ymyl glas sydd i'w weld yn (a)



Ffynhonnell: Cunliffe et al. (2019) *The Cryosphere*, DOI:10.5194/tc-13-1513-2019

Ffigur 4 Lleoliadau'r draethlin rhwng 2016 a 2017, wedi'u gosod dros dri map orthomosaig i ddangos darn o'r estyniad 500 m sy'n cael ei astudio. Roedd y blociau sydd i'w gweld yn (c) wedi torri oddi ar y blwff, gyda dŵr yn symud yn ddirwysr y tu ôl iddyn nhw yn ystod cyfnodau pan oedd lefel y dŵr yn uwch

Cwestiynau i'w trafod ymhellach

- 1 Beth gallai ddigwydd i'r defnydd hynod organig sy'n cael ei erydu o forlinau rhew parhaol i mewn i'r cefnfor? Sut gallai hyn effeithio ar y gylchred garbon?
- 2 Sut gallai uchder y blyffiau arfordirol ddylanwadu ar gyfraddau encilio'r draethlin?
- 3 Sut gallwn ni ddysgu mwy am y pethau sy'n rheoli'r prosesau erydu yn y morlinau rhew parhaol?
- 4 Beth yw manteision ac anafanteision tirlfesur gyda drôn o'i gymharu â lluniau lloeren neu gasglu data ar y tir?

DARLLEN PELLACH

Fideos o'r morlin sy'n erydu yn Qikiqtaruk:
www.tinyurl.com/y9k5wjml, <https://av.tib.eu/media/40250>

Fideo yn dangos yr Arctig yn gwyrrdu:
<https://vimeo.com/342808200>

Erthygl o Gizmodo am erydiad Qikiqtaruk:
www.tinyurl.com/y2pc2bh4

Blog ymchwil gan Team Shrub:
<https://teamshrub.com/lab-blog/>

PWYNTIAU ALLWEDDOL

- Mae'n naturiol i draethlinau rhew parhaol erydu yn yr Arctig, ond mae'n ymddangos bod y newid hinsawdd sy'n cael ei achosi gan bobl yn cyflymu'r erydiad hwn.
- Mae erydiad traethlinau rhew parhaol yn digwydd drwy brosesau thermo-sgraffellad, sydd yn aml iawn yn tандорri blyffiau arfordirol ac yn achosi 'methiant bloc'.
- Gall traethlinau sy'n erydu fod yn beryglus i gymunedau arfordirol, a symud carbon a maetholion i mewn i'r parth arfordirol.
- Mae astudiaethau diweddar wedi dechrau datgelu mwy am y ffordd mae stormydd yn gallu gyrru erydiad sydyn mewn morlinau rhew parhaol, ond bydd angen gwneud mwy o ymchwil er mwyn deall y prosesau hyn.

Mae Dr Andrew Cunliffe yn gymrawd ymchwil ym Mhrifysgol Caerwysg. Mae'n defnyddio dronau i fesur ecosystemau newidiol o amgylch y byd, ac mae wedi byw a gweithio ar Qikiqtaruk yn ystod haf 2016 a 2017. Mae Dr Jo Snöälvi yn gymrawd ymchwil ym Mhrifysgol Cranfield. Mae hi wedi ymchwilio cylchu biocemegol carbon mewn systemau dyfrol, ac wedi treulio nifer o dymhorau maes yn gweithio yn yr Arctig.