

Hondakin erradioaktiboak gure oinordekoentzat

Fernando Plazaola

Fisikan doktorea eta EHUko irakaslea

Energia nuklearraren erabilera baketsuak betidanik oso prentsa txarra izan du. Honen guztiaren iturria energia nuklearraren jaiotzan datza, hots, energia nuklearra era oso bortitzean plazaratu baitzen, Hiroshima eta Nagasakiko lehergailu itzelen eta ikaragarrien eskutik, hain zuzen ere. Hori gutxi ez balitz, Bigarren Mundu Gerraren osteko guda hotzak, hots, hainbat urtetan munduko populazioa misil nuklearren begiradapean bizi izan beharrak, energia nuklearraren aurkako sentsibilizazioa oraindik gehiago areagotu zuen. Gainera, Txernobilgo eta Harrisburgeko istripu larriek eta Europako ekialdean dauden hainbat zentral nuklearren ziurtasun ezak aurkako sentsibilizazioa gehitzea eragin zuten.



ARTXIBOKOA

GAUR EGUN, energia elektrikoaren zati handi bat energia nuklearraren bidez lortzen da. Mendebaleko hainbat estatutan, Frantzia, Finlandian, Suedian, Suitzan... argindarraren % 50 baino gehiago zentral nuklearretan sorturikoa da. Gainera, aipaturiko estatu horietariko hainbatek ez du inolako tradizio militarrik.

Gauza gehienek bezala energia nuklearrak ere alde onak eta txarrak ditu, baina lan honetan ez da eztabaidatuko energia nuklearra erabili ala baztertu egin behar ote den, fisioko erreazio nuklearretan sortzen diren hondakin erradioaktiboak izango dira hizpide, hots, bereziki egungo zentral nuklearretan sortzen direnak. Argiro dago, inolako zalantzarik gabe, bai zentral nuklearren aldeko eta aurkakoen ikuspegitik, hondakin nuklearren arazoa larria dela. Ez bakarrik

sor daitezkeen hondakin nuklearrengatik, ez; orain arte sorturikoak dagoeneko arazo bihurtu baitira. Hemen, hondakin nuklearren arazoa zein den aztertuko da.

Hondakin erradioaktiboak —edo nuklearra— erabilera praktikorik gabe erradiazio ionizatzailea igorritik (alfa, beta edo gamma erradiazioa) atomo egonkor bilakatzen diren atomo ez egonkorrez osaturiko materia da. Hondakin nuklearrak azpisailetan banatzen dira, baina sailketa estatuz estatu aldatu egiten da. Jarraian agertzen dena, Ameriketako Estatu Batuetan erabiltzen dena da:

- 1) Aktibitate handiko hondakinak (HLW, High Level Waste). Hondakin hauen artean erreaktore nuklearretan fisioko erreazio nuklearrek sorturiko fisioko produktuak aurkitzen dira. Hauek 1-

-65 eta 81-96 tartetan kokaturiko elementu kimikoetan eta hainbatetan elementu kimiko bakoitzaren isotopoetan aurkitzen dira. Izan ere fisio-erreakzio hauetako produktuak 200etik gora dira. Elikagaia agortu ostean hainbat zentraletatik birprozesatzera eramaten da, Frantziako La Haguera adibidez, bertatik plutonioa eta aberasturiko uranioa lortzeko, berriro zentral nuklearretan —edo/eta lehergailu nuklearretarako— erabili ahal izateko. Birprozesamenduan fisio-hondakinak toxikotasun kimiko handiko hainbat hondakinekin nahasturik ageri dira eta hauek ere maila honetako hondakinak dira. Zentral nuklear komertzialetatik kanpo, Frantzia eta Erresuma Batua ahantzi gabe, AEBetan eta Sobietar Batasun ohian bereziki, urtetan arma nuklearren industriak ere aktibitate handiko hainbat hondakin sortu ditu.

“argi dago, bai zentral nuklearren aldeko eta aurkakoan ikuspegitik, hondakin nuklearren arazoa larria dela”.

2) Hondakin Transuranikoak (TRU, TRansUranic waste). Hondakinen sail hau AEBetan bakarrik erabiltzen da. Erresuma Batuan, berriz, hondakin horiek kontuan hartzeko aktibitate ertaineko saila definitzen dute; hala ere, izen hori ez da oso aproposa hainbat estatutan izen horren bidez gauza desberdinak definitzen baitituzte. Sail honetako hondakinen zenbaki atomikoak 92 baino handiagoa behar du eta, gainera, hondakin gramo bakoitzeko aktibitateak 100 nanocurie baino handiagoa behar du izan. Hondakin horiek alfa-igorleak izaten dira, eta oso erdibizitza luzea izan dezakete, zenbait kasutan milioi urte. Hondakin horietariko asko arma nuklearretarako plutonioaren eta aberasturiko uranioaren prozesamenduan eta birprozesamenduan sortzen dira.

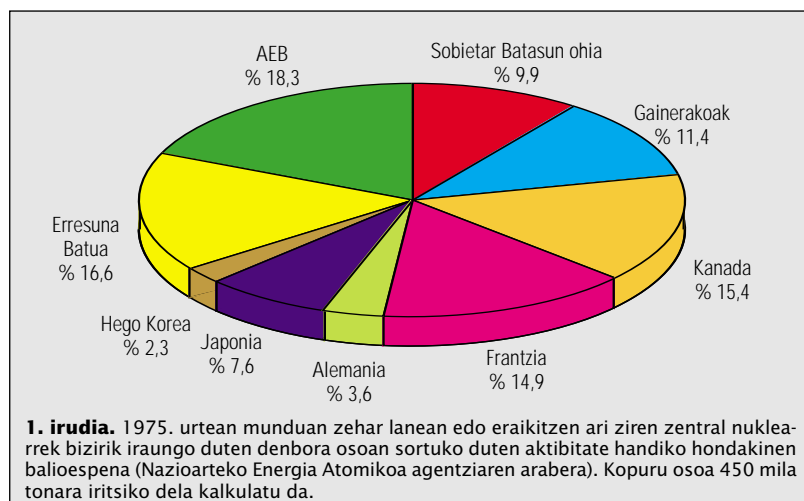
3) Aktibitate txikiko hondakinak (LLW, Low Level Waste). Hondakin-mota hau, medikuntza nuklearrean, ikerkuntza-laboregietan, hainbat industrian (papergintzan, siderurgian...) erabilitako erradioisotopoen hondakinak osatzen dute. Halaber, zentral nuklearretan erabiltzen diren zenbait produktu ere hemen sartzen dira (iragazkiak, kutsaturiko tresneria, arropak...). Hondakin gehienak aktibitate txikikoak dira eta, oro har, erdibizitza laburreko isotopo erradioaktiboez osaturik daude. Beste era batean esanik, goiko ataletan sailka ezin daitezkeen hondakinak aktibitate txikiko hondakinak dira. Hondakin hauek ugariak dira eta AEBetan bakarrik 2030 urterako mota honetako hondakinen kopurua 5 milioi m³-ra iritsiko dela aurreikusten da. Hondakin horiek lurrazaleko, edo lurrazaletik hurbileko biltegiak kokatzen dira; hala ere, zenbait tokitan meategi zaharretan ere biltzen dira. Espainian, Frantzian

eta Japonian horrelako lurrazaleko biltegi nahiko berriak daude, eta biltegi horietako eraikuntza eta babesak Frantzian bertan, Erresuma Batuan, Sobietar Batasunean eta AEBetan duela hainbat urte ehortzitako biltegiak baino sofistikuagoak dira. Txekian eta Alemanian meategi zaharretan kokatzen dira horrelako hondakinak; Suedian eta Finlandian, berriz, meategietan eraikuntza bereziak egin dituzte hondakin horiek kokatzeko. Biltegiak bete ostean, itxi egiten dira eta kontrolpean mantenduko dira bertako erradioaktibitatea deuseztatu arte, hots 200-300 urte kontrolpean egon beharko dute. Hondakin horiei buruzko eztabaida txikia ez izan arren, arazoa beste hondakinen neurrikoa baino askoz ere apalagoa da. Izan ere, hondakin hauekin egiten denak komunitate zientifikoan adostasun zabala du. Gainera, hondakin hauen arriskua beste biena baino askoz ere apalagoa da. ➔



WIPP

Hondakin Transuranikoak gordetzeko edukiontzia.



Erradiazio-oinarriak

Atomoaren nukleoak neutroiez eta positiboki kargaturiko protoiez osaturik dago. Bere egonkortasuna protoi- eta neutroi-kopuruen menpe dago eta, halaber, kopuru horien arteko zatiketarena. Elementu kimiko batek isotopo bat baino gehiago eduki ditzake, kopuru eta zatiketa desberdinekin, adibidez uranio 235 eta 238 bezala (biek protoi-kopuru berdina dute, 92, protoi-kopuruak elementu kimikoa definitzen baitu, baina lehenak 143 neutroi ditu eta bigarrenak 146, eta honela idazten dira: $^{235}_{92}\text{U}$ lehen eta $^{238}_{92}\text{U}$ bigarrena. Egonkorak ez diren isotopoak desintegratu egiten dira alfa partikulak, beta partikulak edo gamma izpiak igorritik.

a) *alfa* partikulak helio-atomoaren nukleok dira. Haien karga +2 (bi protoi) da eta masa 4 (bi protoi gehi 2 neutroi) eta energia handiz higitzen dira.

Airean egonik batez beste 4,5 cm-ko distantzia ibiliko dira, eta mikrometro batzuk besterik ez gorputzean, baina hori bai, bidean topatzen duten guztia ionizatu egiten dute. Alfa partikulak ez dute zeharkatu paper arrunta edo gorputz-azala, beraz ez dira batere arriskutsuak gorputzaren kanpoan badaude, baina minbizia sortzeko oso arriskutsuak dira gorputz barrura sudurretik edo ahotik sartzen badira.

b) *beta* partikulak elektroiak dira, -1eko karga dute (elektroi bat) eta masa oso txikia. Beta partikulak metro batzuk zeharka ditzakete airean edo zentimetro guxi batzuk gure gorputzean. Ezin dute leihoko kristala zeharkatu edo altzaruzko upeletik ihes egin. Hauek ere arriskutsuak dira gorputz barnera sartuz gero, talka egiten duten edozer ioniza baitezakete, baina ez dira alfa partikulak bezain arriskutsuak.

c) *gamma* izpiek 0 masa eta 0 karga dute, baina energia itzelak. Energia handiko X izpietatik bezalaxe, haietatik babesteko estalkuntza handiak behar dira, hots, hormigoia, beruna edo ura.

Aktibitate handiko hondakineta gamma izpien erradiazioa oso handia izaten da. Baina hondakin transuranikoen multzo txiki batek bakarrik igortzen du beta edo gamma erradiazio nabarmena; beraiek alfa-igorleak dira.

Lagin erradioaktiboaren desintegrazioa estatistikoa da eta ezinezkoa da aurrez jakitea atomo konkretu bat noiz desintegratuko den. Aurretik jakin

dezakeguna da mota bereko atomo ezegonkorrez osaturiko lagin erradioaktibo batean zenbat denbora pasatu behar den atomo ezegonkor horietariko erdiak desintegratzeko. Denbora-tarte horri erdibizitza ($T_{1/2}$) deritzo.

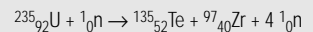
- *Aktibitateak* (A) desintegrazio-abiadura (segundo batean gertaturiko desintegrazio-kopurua) adierazten du, eta nukleo ezegonkorren kopuruarikiko proportzionala da. Aktibitatea denboran zehar esponentzialki gutxituz doa ondoko legearen arabera: $A = A_0 e^{-\lambda t}$, non λ erdibizitzaren alderantzizkoarekiko proportzionala den (A = aktibitatea t aldiunean, A_0 aktibitatea hasierako aldiunean). Erdibizitza zenbat eta luzeagoa izan nukleo erradioaktibo horren aktibitatea hainbat astiroago gutxituz joango da. Plutonio 239 alfa-igorleak, hondakinen artean oso zabaldua, 24.000 urteko erdibizitza du eta aktibitatea erdira jaisteko denbora-tarte hori pasa beharko da. Erdibizitza, berriz, oso laburra bada, nukleo horren aktibitatea oso arin gutxituko da.

- Unitateak:

$$1 \text{ Bq (becquerel)} = 1 \text{ desintegrazio/s}$$

$$1 \text{ Ci (curie)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

- Fisio-erreakzioa: nukleo baten zatiketa neutroi bat harrapatzearen ondorioz, adibidez



^{235}U uranioak neutroi bat (^1_0n) harrapatzean bi pusketatzen zatitu daitekeela adierazten du aurreko erreakzioak, bata ^{135}Te uranioarena eta bestea ^{97}Zr zirkonioarena eta erreakzio horretan beste 4 neutroi askatzen direla. Normalean neutroi horiek galdu egingo dira inolako eraginik sortu gabe, baina ^{235}U uranioaren kantitatea

(masa) nabarmena bada, gerta daiteke askaturiko neutroi horietariko bat harrapatua izatea eta beste fisio bat sortzea, fisio-erreakzioa etengabe jarraituz. Fisio-erreakzioa etengabe jarraitzeko behar den nukleo fisioagarrien masa minimoari *masa kritikoa* deritzo. Masa-kantitatea txikiagoa bada, erreakzioa *azpikritikoa* da eta fisio-erreakzioen abiadura txikiagotu egingo da; masa-kantitatea kritikoa bada handiagoa bada, erreakzioa *superkritikoa* da eta fisio-erreakzioen kopurua handituz joango da (energia asko askatuz). Hori dela eta, upeletan kokatzen diren hondakin fisioagarriek kopuru azpikritikoa egon behar dute.



Upeletan kokatzen diren hondakin fisio-nagarriek kopuru azpikritikoa egon behar dute.

Aipaturiko beste motatako hondakin, eta bereziki aktibitate handiko hondakinen arazoa, larriagoa da. Galdera hauxe da: zer egin aktibitate handiko hondakin erradioaktiboekin? Gaur egun mota honetako hondakin gehienak upeletan sarturik daude zentral nuklear bakoitzaren ondoko tangetan. Hondakin horiek desintegratzean edo/eta fisioatzean energia asko askatzen dute eta hein handi bat bero bilakatzen da. Honela, tangetan

kokatuta upelak hoztu egiten dira eta, gainera, tangetako urak ere babes biologiko legez jokatzen du upela zeharkatzen duen erradiazioarekiko (gamma erradiazioa bereziki). Upela horiek diseinu berezikoak dira eta bertan kokatzen diren hondakinek ondo sailkatuak eta neurtuak egon behar dute metaturiko hondakinak masa kritikotik urrun egon daitezela. Hala ere, zenbait estatutan, AEBetan eta Belgikan kasu, upelak leku lehorretan ere, tangetan sartu gabe, kokatzen dira (lehorrean kokaturiko upelen gainazaleko tenperatura 160 °C ingurukoa izan

daiteke). Orokorki, aktibitate handiko hondakin horiek denbora oso-oso luzean isolaturik egon behar dute, nukleo ezegonkorren kopurua arbuiagarria izan arte, hots, hondakin gehienak egonkortu bitartean. Bestela, gizakiengana iritsiz gero kalte handiak sor ditzakete. Isolamenduko denbora-tarte hori ehunka mila urtekoa izan daiteke, fisio-erreakzioetan sortzen diren fisio-produktu hainbatek erdibizitza oso luzea baitu.



Gaur egun aktibitate handiko hondakin erradioaktibo gehienak upeletan sarturik daude zentral nuklear bakoitzaren ondoko tangetan.



Isolamendu hitza oso ondo ulertzen da, baina milaka urteko isolamendua neurri batean ulergaitza egiten da, gizakiaren existentziaren neurriko denbora-parametroetan berba egin behar baita horretarako. Gainera, ezaguna da Egiptoko piramideetako altxorrek hain ongi gorde-ta egon arren, ez zutela denbora gehiegi egoera horretan iraun. Gainera, nork daki gaur egungo zibilizazioak epe askoz ere laburragoetan zer bilakatuko diren... Ez al da posible isolamendu-epe hain luze hori laburtzea? Ez al da posible erradioaktibitatea igortzen duten erdibizitza hain luzeko nukleo ez-egonkor horiek nukleo egonkor edo erdibizitza laburreko nukleo bilakaraztea?

“aktibitate handiko hondakinek denbora oso-oso luzean isolaturik egon behar dute, nukleo ez-egonkorren kopurua arbuia garria izan arte”.

Aurreko galderatan deskribatzen diren erreakzio edo erreakzio-segidari transmutazioa deritza, eta azkeneko hamarkadetan lan handia egin da erdibizitza luzeko nukleoak banatu eta transmuta-

tzeko etekin handiko metodoen bila. Oinarri zientifikoak oso ondo ezagutzen dira, adibidez ^{99}Tc erdibizitza luzeko fisio-produktuari neutroi bat harraparazi egiten bazaio ^{100}Tc isotopo bilakatzen da eta, berez, beta desintegrazioaren bidez, masa handiagoko Ru elementu bilakatzen da bi neutroi gehiago harraparaziz ^{102}Ru egonkorra bilakatu. Hala ere, erdibizitza luzeko nukleoaren transmutazioetan, oro har, hainbat prozesuak parte hartzen dute eta nukleo egonkor batera iristek ez du zertan lan erraza izan behar. Transmutazioaren arazoak teknikoak zein ekonomikoak dira. Alde teknikotik, egun posible da hainbat erdibizitza luzeko nukleo etekin handiz transmutatzea. Hala ere, erradionukleido asko eta asko kontzentrazio txikitzen eta beste elementu kimiko eta isotopo erradioaktiboekin nahasturik ageri dira. Banaketa-prozesu oso konplexuak behar dira banakako erradioisotopoak edo taldeak banatzeko, eta transmutazio bidez haien kontzentrazioa maila onargarrietara gutxitzeko. Hori biziki zaila suertatzen da birprozesaturiko materialen kasuan. Ikuspegi ekonomikotik begiratuta, maila komertzialeko transmutazioak lortzeko, banaketarako eta erreaktoreetarako azpiegitura handiak beharko lirateke. Erreaktoreak kritikoak zein azpikritikoak, azeleragailuez gidaturikoak, izan litezke. Fisio-produktuak eta transuranikoak erraz bana litezkeela emanez gero, urteko ehuneko txiki bat bakarrik transmutatu ahal izango

litzateke modu eraginkorrean. Beraz, erdibizitza luzeko hondakinen transmutazio-prozesuak hainbat hamarkada beharko luke eta erreaktoreen hainbat belaunaldi beharko lirateke. Banaketa erraza balitz gauzak honelakoak izango lirateke, eta jakina da prozesu honen guztiaren oztoporik handienetakoa banaketan dagoela. AEBetako hondakin erradioaktiboak kudeatzeko erakundeko zuzendari Crowley-k dioenez "oraindik hainbat hamarkada beharko dira jakiteko ea egun dauden hondakinen bolumenatarako —eta etorkizunean sortuko direnerako— transmutazioa praktikoki egin daitekeen kostu onargarrietan. Gaur egun hori ezinezkoa da eta hondakinen kudeaketarako teknikoki aurreratuta dagoena eta ekonomikoki aurre egiteko moduko metodo bakarra hondakinak behin betiko geruza geologiko sakonetan isolatzea da." ➔

Hondakin erradioaktiboak kudeatzeko segurtasun-oinarriak

- 1.- *Gizabanakoen osasunaren babesa:* Hondakin erradioaktiboak gizabanakoen osasunaren babesa maila onargarrian ziurtatuta kudeatu behar dira.
- 2.- *Ingurugiroaren babesa:* Hondakin erradioaktiboak ingurugiroaren babesa maila onargarrian ziurtatuta kudeatu behar dira.
- 3.- *Babesa estatuen mugetatik at:* Hondakin erradioaktiboak estatuen mugetatik kanpo-ko gizabanakoen osasunaren gaineko eraginak eta ingurugiroaren gaineko eraginak kontuan hartuta kudeatu behar dira.
- 4.- *Ondorengo belaunaldien babesa:* Hondakin erradioaktiboek kudeaketak kontuan hartu behar du ondorengo belaunaldietan aurrez onartutako osasunaren gaineko eraginek ez dutela orain onartzen direnak baino handiagoak izan behar.
- 5.- *Zamak ondorengo belaunaldietan:* Hondakin erradioaktiboek kudeaketak kontuan hartu behar du ondorengo belaunaldietan zama onartezinik ez duela sortu behar.

Hondakin erradioaktiboetarako instalazioen segurtasuna, hondakinek aktibo irauten dute denbora osorako ziurtatu behar da.



W/PPP

- 6.- *Estatuetako lege-antolaketa:* Hondakin erradioaktiboek kudeaketa estatuko lege-antolaketa egoki baten barne egin behar da. Legeak ardurak ondo kokatu behar ditu eta erakunde independenteek kontrolatzeko xedapenak eman behar ditu.
- 7.- *Hondakin erradioaktiboek sorkuntzaren kontrola:* Hondakin erradioaktiboak minimo praktiko batean mantendu behar dira.
- 8.- *Hondakin erradioaktiboek sorrera eta kudeaketaren arteko menpekotasuna:* Hondakin erradioaktiboek sorrera eta kudeaketaren arteko urrats guztiak zuzentasunez kontuan hartu behar dira.
- 9.- *Biltegien segurtasuna:* Hondakin erradioaktiboetarako instalazioen segurtasuna, hondakinek aktibo irauten duten denbora osorako ziurtatu behar da.

1. taula. Nazioarte mailan adostu den txostenaren laburpena.

Dagoeneko 1957. urtean zientzialariak ohartu ziren sakoneko egitura geologiko egonkorretan erdibizitza luzeko hondakinak isolaturik betirako gordetzea komenigarria zela. Eta hain zuzen, hori da gaur egun irtenbide gisa proposatzen den prozedura. Prozedura horren aurkakoek diote irtenbide hori merkea delako eta hondakinak "tokitik eta pentsamendutik" urrun edukitzeko kontuan hartu dela. Aldekoek, berriz, irtenbide hori erradioaktibitatearen denborarekiko txikiagotzearen ondorio logikoa dela diote, zeren denboraren poderioz hondakinen toxikotasun erradioaktiboa gutxituz baitoa. Beraz,

“sakoneko egitura geologiko egonkorretan erdibizitza luzeko hondakinak isolaturik betirako gordetzea da gaur egun irtenbide gisa proposatzen den prozedura”.

irtenbide horren aldekoek ehunka mila urteko egonkortasuna duten egitura geologiko sakonak ikertu dituzte. Hala eta guztiz ere, oraindik ez dago horrelako biltegiarik lanean eta egitarau aurreratuena dituzten estatuek, Suediak eta AEBek hain zuzen ere, hurrengo hamar urteetan aktibitate handiko hondakinak horrelako tokietan kokatzen hasiko direnik ez dute aurreikusten. Estatu gehienek berriz, datorren mendearen erdialdea arte ez dute aurreikusten irtenbide hori.

Horrek esan nahi du aktibitate handiko hondakin guztiak behin-behineko kokapenetan daudela. Behin-behineko kokapena kontzeptu garrantzitsua da, zeren sakoneko egitura geologikoetan hondakinak isolatu aurretik, behin-behineko biltegiak beharrezkoak baitira, hainbat hamarkadatan hondakinak hoztu daitezkeen, hots, erdibizitza laburreko nukleoen aktibitatea hein handi batean gutxitu dadin. Hainbatek esan lezake behin betiko biltegiak ez daudela prest, estatu gehienetan oraindik behin betiko kokapenerako mota honetako nahiko hondakinak (AEBetan salbu, munduko zentral nuklear guztien laurdenak bertan baitaude) ez dagoelako. Hala ere, hori ez da hondakinak behin-behineko tokietan edukitzeko arrazoi bakarra, beste batzuk ere garrantzi handia dute: a) behin betiko kokapenerako teknologiaren garapena eta onarmena uste zena baino astiroago gertatu da —baita komunitate zientifiko-teknikoan ere—, b) kokapeneraren aukeraketa eta karakterizazioa uste zena baino konplexuago bihurtu da (AEBetako legeak arriskuak 10.000 urte pasa eta gero arbuigarria behar duela izan eskatzen du), eta garrantzi handiko beste faktorea c) proiektu hauekiko jende arruntaren aurkako erantzuna ez dirudi oso ondo kalibraturik zegoenik. Azken urte hauetan nazioarte mailan lan handia egin da jendearen aurkako erantzunari aurre egiteko, eta adituen hainbat bileraren ostean txosten bat adostu dute hondakin erradioaktiboek kudeaketarako, estatuek sina dezaten (txosten horren laburpena 1. taulan ageri da).

Nahiz eta hondakinen sakoneko kokapena duela 40 urte baino gehiago proposatua izan, eta adibidez AEBetako

"National Academy of Sciences"-ek hondakin erradioaktiboetarako horixe dela irtenbiderik onena esan, komunitate zientifiko-teknikoan beti egon da irtenbide horren aurkakorik, behin betiko sakoneko biltegi segururik aurkitzea ez dela posible argudiatuz, edo behin behin posibilitate hori zalantzazkotzat jotzen dutenak. Hala ere, zientzialari eta teknikarien artean aurka daudenak gutxiengoa dira, hondakinen sakoneko kokapena irtenbiderik onartuena baita. Irtenbide honen arabera, biltegia bete ostean betirako itxi egingo da, eta bertako hondakinak berreskuratzeko aukerarik ez da egongo, bertan ehortzita. Irtenbide honen aldekoen arabera, aktibitate handiko hondakinetarako argi eta garbi irtenbidea egon badago, eta egin behar dena toki aproposak aurkitu eta azterketak eta karakterizazioak egitea da, hondakinak behar bezala bertan milaka urtetan arrisku potentzialik gabe isolatzeko.

“behin betiko sakoneko biltegi segururik aurkitzea ez dela posible argudiatzen duten zientzialariak ere badaude”.

Azken urte hauetan, berriz, beste ideia bat asko zabaldu da, hots, hondakinak sakonean betirako lurperatu beharrean, lurrazalean mugarik gabe kontrolpean bilduta mantentzeko proposamenarena, hain zuzen ere. Hainbatentzat proposamen hori oso erakargarria da zeren: a) tokiaren kokapenak sortzen dituen arazo politiko eta soziologikoak atzeratu egiten dira, hots, etorkizuneko belaunaldien esku uzten dira, b) hondakinen sortzailei dagozkien biltegien eraikuntza eta mantentdua —kostu oso handikoak— ere etorkizunerako uzten dira c) epe laburreko segurtasun-arazorik ez dago zeren horrelako hondakinak kontrolatzeko teknologia egon badago eta zalantzarik gabe frogatuta dago. Proposamen horren

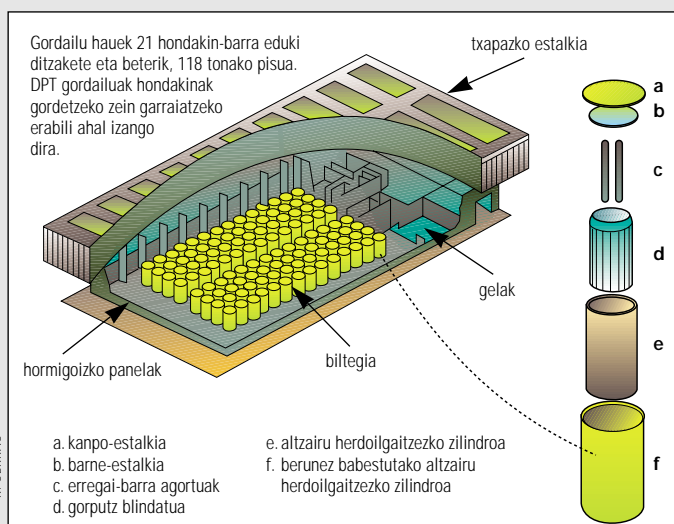
Espainiako eta Frantziako datuak

	Espainia	Frantzia
Aktibitate txikiko hondakinak	1.000 m ³ urteko	20.000 m ³ urteko
Aktibitate handiko hondakinak	250 m ³ urteko	3.000 m ³ urteko
Hondakin-kopurua urteko eta biztanleko	aktibitate handikoak = = kanikaren bolumena adina aktibitate txikikoak = tenis pilotaren bolumena adina	1 kg

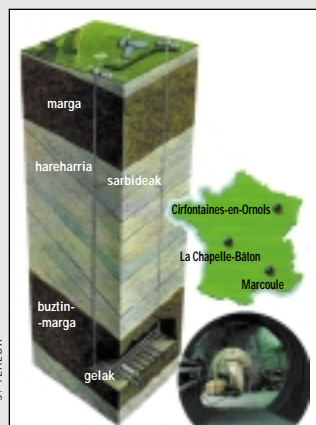
Iturriak: ENRESA Espainian eta ANDRA (agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) Frantzian.

Hondakinak biltzeko abian dauden proiektuak

Espainiako zentral nuklearretan erabilitako erregai erradioaktiboen hondakinak lur gainean eraikiko diren behin-behineko biltegitan gordeko dira, Hondakin Erradioaktiboetarako V. Planean onartuaren arabera. Gaur egun martxan dauden 7 zentral nuklearrek dituzten igerileku-itxurako edukiontzia betetzen direnerako, lehorreko biltegi bereziak eraiki izango dira. Horietako lehenengoa Trillo I zentrallean eraikiko da, nazioarteko onespena duen teknologia propioa erabiliz.



Erregai erradioaktiboen hondakinak ENSA-DPT izeneko segurtasun-gordailuetan bilduko dira, zentralaren barrutian kokatuko diren biltegitan. Azala altzairu herdoilgaitzezko eta erradioazioaren aurka babestutako zilindroa izango da eta azpian altzairu herdoilgaitzezko bigarren zilindroa izango du. Bi geruza hauen barnean, neutroiak zurgatu eta beroa barreiatzeko gaitasuna duen polimero berezi batez eraikitako gorputzean gordeko dira hondakin-barrak. Zilindroek ere estalki bikoitza izango dute.



Frantzian ere badira Trillo I zentrallean eraiki nahi denaren antzerako biltegiak. Bat 1992. urtetik dago martxan Aube-n eta ANDRA beste baterako saiakuntzak egiten ari da Mantxako zentroan. 1994. urtetik ANDRA lurpean, oso sakon, biltegiak eraikitzeke ikerketa lanetan dabil. Atariko ikerketa geologikoak burutu ondoren, lehenengo lur azpiko ikerketa-zentroa Bure-n, Haute-Marne eta Meuse departamenduen arteko mugan (Frantziako ipar-ekialdean) ezartzea erabaki zen 1998an. Laborategi horietan ikerketa geologikoak eta etorkizuneko biltegiari buruzko ikerketa teknikoak egingo dira. Laborategi horiek ikerketa-zentroak dira eta ez dira biltegi bezala erabiliko baliagarritasuna frogatu arte.

Tokaimurako ihesa

Uranioa prozesatzeko Tokaimurako plantan gertatutako istripuak industria nuklearraren ahuldadeak agerian utzi ditu berriz ere. Aje handiak ditu industria horrek eta iritzi publikoaren jarrerekiko menpekotasuna da, apika, interesgarrienetako bat. Izan ere, zorigaiztoko istripu horrek iritzi publikoa aztoratzeaz gain arduradun politikoak dantzan jarri ditu eta industria nuklearra mugatuko dutela aldarrikatzen hasi dira.

Energia nuklearraren erabilera urrats guztietan sortzen ditu ingurugiro-arazokak: uranioaren erauzketatik hasi zentral nuklearren desmuntaiaraino. Prozesu nuklearrek kontrol zorrotz eta estua behar dute, istripurik txikienak ere ondorio larri eta epe luzekoak eragin baititzaizke. Kontrolrik zorrotzenak ere itoginak dituela erakutsi du Tokaimurako gertakariak. Istripu nuklearrak ez dira, jadanik, inperio sobietarraren osteko estatu kaotikoetan gerta daitekeen zerbait. Edonon eta edonoiz jazo daitezke.

Energia nuklearrak arrisku gorriak ditu, batzuek berotegi-efektuaren kontrako botika moduan saldu nahi badigute ere. Energi iturri honi epemuga jarri behar zaio garapena jasagarria izan dadin nahi badugu, besteak beste.

I. Irazabalbeitia

arabera, arazoaren erantzuna atzeratu egiten da, "irtenbide perfektua" lortu arte —horrelakorik ba ote dagoen da galdera—. Gainera, ikertzaileek ikertzeko denbora eta diru gehiago izango dute. Argi dago, bide honi jarraituz gero teknologia nuklearraren aukariak inolako zalantzarik gabe, eta arrazoi guztiz, aktibitate handiko hondakinen arazoak ebatzi gabe dirauela esan dezakete. Eztabaida hau, hondakinak lurperatzearena edo lurrazalean kontrolpean mantentzearena, izan zen joan den urtean Frantziako parlamentuan hondakin erradioaktiboen kudeaketa aztertu zenean agerian geratu zena.

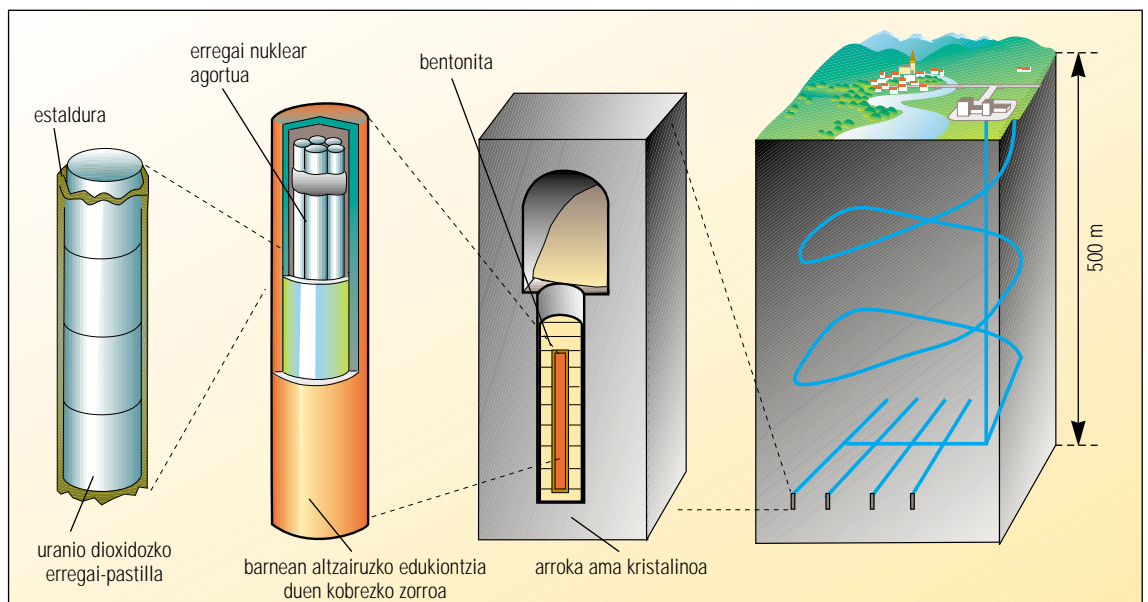
Hondakinak lurrazalean kontrolpean mantentzearen aukariek, ikuspegi etiko batean oinarrituta, hauxe diote, gaur egungo belaunaldiak direla energia nuklearraren abantaila erabiltzen dutenak eta, ondorioz, eurek izan behar dutela kalte potentzialen arduradun eta ez ondorengo belaunaldiek. Lehen aipatu dudanez argi dago hondakinak lurrazalean mantenduz gero arazoa ez dagoela konponduta, atzeratu egiten dela. Baina, argudio etiko horren aurka, lurperaturiko eta itxiriko biltegia uztea baino hobe dela ondorengo belaunaldiei aukerak uztea beraiek erabaki dezaten, hots, ez dela oraindik atzeraezinezko erabakirik hartu behar, adibidez Suedian erabaki dute. Duela gutxi, Herbehereek baztertu egin dute bere legedian sakoneko behin betiko biltegien posibilitatea. Beste estatuetan ere presio handiak daude hondakinen berreskurapena kontuan hartu

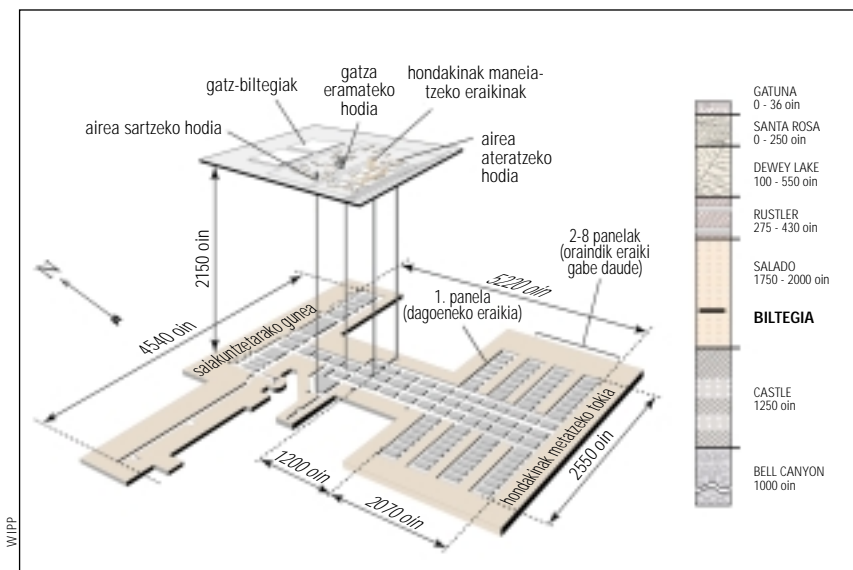
dadin, hots, sakoneko biltegia beterik dagoenean itxi beharrean berreskuratzeko aukera gera dadin. Estatu horien artean Frantzia, Erresuma Batua, Suedia, Suitza eta Kanada daude. Estatu hauetan epe luzeko berreskurapena, kontrola eta mantendua neurritz kanpokoa izan gabe bete beharreko segurtasunaren helburuarekin bat ote datorren aztertzen ari dira, biltegiaren sakoneko ehorzketak sortzen duen isolamenduak berreskurapena eragotziko ez ote duen kezka sortzen baitu.

“lurrazalean mugarik gabe kontrolpean bilduta mantentzeko proposamena asko zabaldu da azken urte hauetan”.

Hala ere, aktibitate handiko hondakinen sakoneko behin betiko kokapenarako plangintza AEBetan garatuenarikoa izan arren, baldintza legalak eta politikoak oso zorrotzak diren estatu batzuetan ere plangintza hau oso aurreraturik dago, Suedian adibidez. 70.eko hamarkadan Suediako programa nuklearra mugatu egin zen hondakinen isolamendu segurua egin zitekeela ziurtatu arte. Horrela sortu zen KBS-3 proiektua, eta gaur egun Suedia da hondakinak kudeatzeko hainbat arlotan lidergoa daramana. 2. irudian suediarrek proposaturiko aktibitate handiko hondakinen biltegiaren eskema.

2. irudia. Suediarrek proposaturiko aktibitate handiko hondakinen biltegiaren eskema.





3. irudia. Mexiko Berrian eraikitzen ari diren WIPP biltegiaren sekuntzia estratigrafikoa.

tate handiko hondakinen biltegiaren eskema ageri da. 2008. urtean biltegiaren lehen fasea martxan ipin daiteke, eta eguneko upel bat beteko da. Upel bakoitzaren pisua 25 tonakoa izango da eta bertan aktibitate handiko hondakinen kopurua 2 tonakoa izango da. Hori bai, hondakin horiek upeleratu aurretik gutxienez 25 urtez hozten emango zituzten beste behin-behineko toki batean. Suediarren kasuan, ez dago argi biltegi hori bete ostean betiko itxiko ote duten.

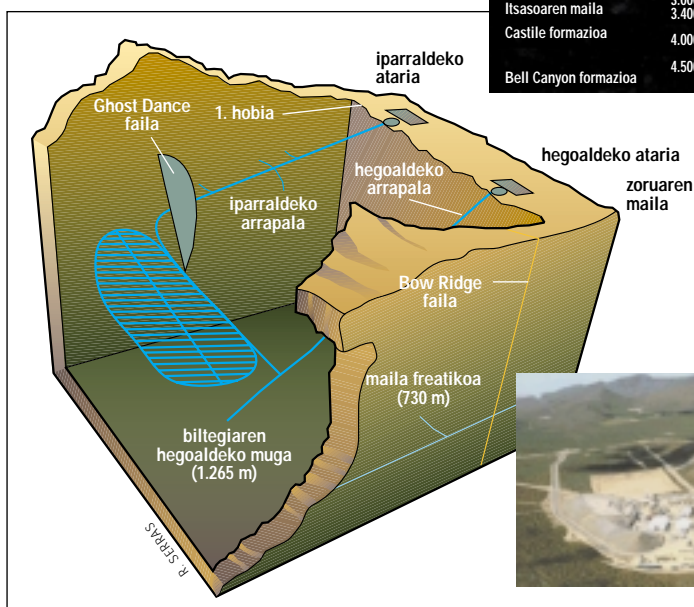
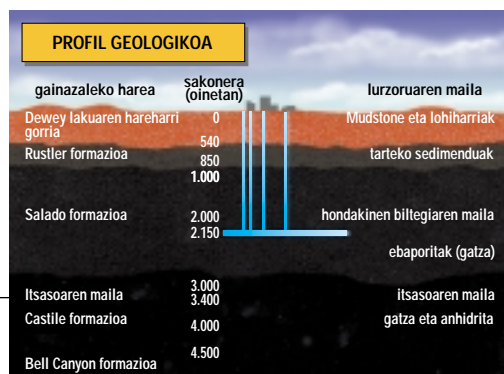
Ziur aski itxiko duten sakoneko biltegi bi AEBetan eraikitzen ari dira, bata Yucca¹ mendian hain zuzen ere, aktibitate handiko hondakinak isolatzeko eta bestea WIPP² biltegia hondakin transuranikoak isolatzeko (ikus 3. irudia). Yucca mendiko biltegia Nevada estatuan eraikitzen ari dira, Las Vegas-tik 160 km-ra. WIPP biltegia, berriz, Mexiko Berrian, Carlsband hiritik hurbil kokaturik dago.

Oraindik osorik egin gabe dagoen arren, Yucca mendiko biltegiako tunelen luzera 250 km-koa izango da, eta 80.000 tona aktibitate handiko hondakin upeletan kokatuko dira bertan. Itxi ostean, hondakinek sortuko duten berotasun maximoa 160 °C-koa izango dela (itxi eta 50 urtera) eta inguruneke arroka orain dagoen baino askoz ere lehorrago egongo da. Baina, ehunka mila edo milioi urte iragan ostean upelak korrosioak hondatu egingo ditu eta barneko hondakinek ihes egingo dute. Yucca mendiko biltegiaren

helburua hondakinak 10.000 urtez erabat isolaturik mantentzea da (AEBetako legeak hori eskatzen du). Haien kalkuluen arabera, osasunaren ikuspegitik, epe hori pasatu ostean bertan egon daitekeen arriskua tamaina bereko uraniozko kokapen natural batek sortuko lukeenaren antzekoa litzatekeela diote. Bertan kokatuko diren 200etik gora nukleo desberdinetatik arrisksuenak ondorengo ezaugarriak dituztenak dira: erdibizitza luzekoak, uretan disolbagarriak eta berez arroketan eta zoruan zurgatuak izaten ez direnak. Horren arabera Yucca mendian arrisksuenetarikoak C-14, Kloroa-36, Zesio-135, Neptunio-237, Iodo-129, Kurio-245 eta Teknezio-99 dira. Isotopo hauen isolamendua eta seguritatea oso

garrantzitsua da. Isotopo hauek isolaturik behar bezain luze iraungo ote dutenari buruzko kezak toki desberdinetatik datoz: 1) Zer pasatuko litzateke hementdik 7.000 urte barru jendeak mendia zulatuko balu? 2) Lurrikarik edo sumendien ekintzarik gertatuko balitz? 3) Hala ere, ikara gehiena sortzen duena hidrologikoa da. Yucca mendia basamortua dela esan daiteke (15 cm-ko prezipitazioa urtean), eta euri gehiena berehala lurruntzen den arren, ura, oso gutxi bada ere, barrura sar daiteke zoruko arrakaletatik zehar. Honek upelen berezko korrosioa milaka urtetan aurrera lezake, eta urak berak bertan disolbatutako isotopo erradioaktiboak 300 m beherago eramango lituzke (ikus 4. irudia) eta bertako urarekin batera kanporatu. Hau da gehien aztertu den posibilitatea goian aipaturiko bi biltegiatan. Hala ere, posibilitateak aztertuz zientzialarien analisisiek diote biltegia itxi eta handik hamar mila urtera ur horretatik ihes egin lezakeen erradioisotopo-kopurua oso txikia izan daitekeela, gaur egun edaten dugun hainbat iturrietan aurki daitekena baino txikiagoa. ❏

¹ WWW.YMP.GOV
² WWW.WIPP.CARLSBAD.NM.US/WIPP.HTM



4. irudia. Yucca mendiko biltegiaren ebakidura (goian), eskema (ezkerrean) eta obrak (behean).