



# Radioaktyviųjų atliekų tvarkymas: pasiekimai ir tendencijos

**Dr. Stasys Motiejūnas**  
RATA

Vilnius, 2011-04-26

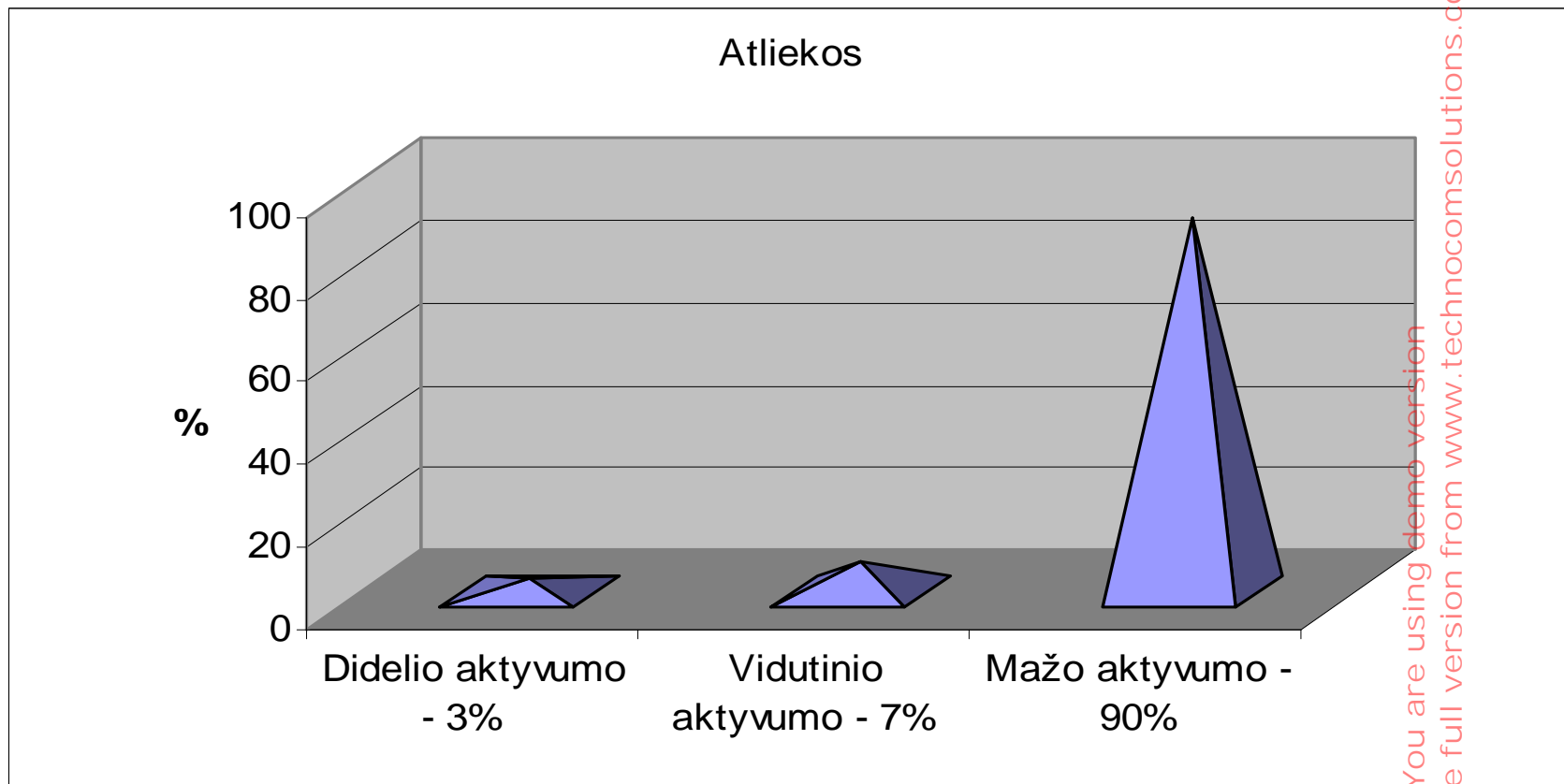




# Kur susidaro atliekos?



- **Kasyba** – norint aprūpinti branduoliniu kuru vieną vidutinės galios reaktorių per metus reikia iškasti 40 – 50 tūkst. tonų urano rūdos. Išgaunant uraną, apie 96% rūdos tampa atliekomis.
- **Branduolinio kuro gamyba** – praturtinant uraną -koncentruojant  $^{235}\text{U}$ - lieka daug nuskurdinto urano. Gaminant kurą minėtam reaktoriui per metus susidarys arti 200 tonų nuskurdinto urano.
- **Reaktorių eksploatavimas (elektros gamyba)** – tipiniam reaktoriui metams reikia apie 25 - 30 t. branduolinio kuro, kuris virsta atliekomis. Veikiant reaktoriams susidaro kietos, skystos ir dujinės atliekos. Tipiškas lengvojo vandens reaktorius per metus generuoja:
  - 25 – 30 t panaudoto branduolinio kuro
    - 99% bendro atliekų aktyvumo yra panaudotame kure
  - ir 200 – 300 mažo ir vidutinio aktyvumo atliekų
- **Panaudoto branduolinio kuro perdirbimas** – atskiriamas uranas ir plutonis. Apie 4% panaudoto kuro susidaro branduolinės reakcijos produktai  $^{235}\text{U}$  branduoliams dalijantis susidare nuklidai. Susidaro daug įvairaus aktyvumo skystų ir kietų radioaktyviųjų atliekų. Susidaro didelio aktyvumo atliekos.
- **Reaktorių išmontavimas** – susidaro labai įvairios atliekos. Atliekų kiekiai priklauso nuo reaktoriaus tipo
- **Medicina** – naudojami žymėtieji atomai diagnostikai ir itin didelio aktyvumo uždarieji šaltiniai bei greitintuvai vėžiniams susirgimams gydyti
- **Pramonė** – dūmų detektoriai, defektostopai ir pan. Išgaunant ir transportuojant naftą, naftoje ištirpę gamtiniai radionuklidai kaupiasi ant vamzdžių sienelių
- **Moksliniai tyrimai** – dažnai naudojamos radioaktyviosios medžiagos. Tiriamųjų reaktorių atliekos panašios į energetinių, tik mažesni kiekiai



- Didžioji dalis radionuklidų yra didelio aktyvumo atliekose, tačiau jų kiekis nedidelis
- Lietuvoje virš 99 proc. radioaktyviųjų atliekų susidaro Ignalinos atominėje elektrinėje



# Atliekų būviai ir jų tvarkymo principai:



## Galimi atliekų būviai:

- § kietos
- § skystos
- § dujinės

## Tvarkymo principai:

- § 1. CC (angl. „concentrate and contain“) – atliekos įvairiais būdais koncentruojamos, stengiantis sumažinti jų tūrį, ir izoliuojamos
- § 2. DD<sub>1</sub> (angl. „dilute and disperse“) – atliekos atskiedžiamos ir kuo geriau paskleidžiamos aplinkoje
- § 3. DD<sub>2</sub> (angl. „delay and decay“) – atliekos laikomos tol, kol trumpaamžiai radionuklidai suskils ir atliekos bus nepavojingos



# CC – koncentruok ir izoliuok



- § Taikoma ir kietoms, ir skystoms, ir dalinai dujinėms atliekoms
- § Visais įmanomais būdais sumažinamas atliekų tūris ir padidinamas jų savitasis aktyvumas
  - § skystos atliekos filtruojamos ar destilijuojamos,
  - § kietos - presuojamos,
  - § degios – sudeginamos
- § Apdorotos atliekos talpinamos į vandeniui nelaidžius ilgąamžius konteinerius (kapsules) ir laidojamos žemės gelmėse ar žemės paviršiuje





## DD<sub>1</sub> – atskiesk ir paskleisk



- § Paprastai taikoma dujinėms atliekoms, kai kada skystoms, bei kietoms
- § Taikoma tada kai neįmanoma ar netikslinga koncentruoti

## DD<sub>2</sub> - laikyk (saugok) kol suskils

- § Tinka visoms atliekoms, kuriose yra tik trumpaamžių radionuklidų
  - § Paprastai reikia išlaikyti apie 10 pusėjimo trukmių.
  - § Per tą laiką aktyvumas sumažėja apie 1000 kartų



# TATENA

## saugos principai



Pamatiniai saugos tikslai ir principai yra apibrėžti TATENA Saugos Standarte 'Fundamental Safety Principles' No.SF-1, 2006

Tvarkant atliekas iš dešimties pamatinių principų yra svarbiausi du:

§ **Žmonių rizikos ribojimas (6 principas)**

§ turi būti ribojamos žmonių apšvitos dozės

§ **Dabartinės ir būsimų kartų apsauga (7 principas)**

§ Karta, kurios veikloje susidarė atliekos, tvarkydama atliekas turi stengtis taikyti praktiškus, aplinkosaugos požiūriu darnius ilgalaikius sprendimus



# TATENA

## saugos reikalavimai



Naujos redakcijos TATENA Saugos Reikalavimai '*Draft Safety Requirements for the disposal of radioactive waste DS 354*' nustato **25 reikalavimus**, kurių būtina laikytis tvarkant atliekas

- § Penktasis principas – **pasyvi sauga**:  
atliekų kapinynai turi būti suprojektuoti, įrengti ir uždaryti taip, kad sauga būtų užtikrinama pasyviomis priemonėmis, o aktyvių priemonių poreikis būtų minimalus
  - § Atsižvelgiant į principą 'nepalikti nepagystos naštos ateities kartoms' ilgalaikė sauga neturi remtis aktyviomis priemonėmis
  - § Tačiau monitoringas yra labai svarbus saugai patvirtinti



# Atliekų klasifikavimas ir klasifikavimo evoliucija



## Prioritetai klasifikuojant atliekas

- § Eksploatavimo sauga
- § Ilgalaikė uždaryto kapinyno sauga

## Vis didėja ilgalaikės saugos reikšmė

- § Atliekų klasifikavimo schemas kinta nuo “eksploatavimo saugos” link “uždaryto kapinyno saugos”





# Kietų atliekų klasifikavimas Ignalinos AE



You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)

You are using demo version  
Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)

Atliekų grupė	Dozės galia paviršiuje mSv/h	Savitasis aktyvumas Bq/kg		Paviršiaus užterštumas dalelė/cm <sup>2</sup> ·min	
		β	α	β	α
<u>Low Level Waste (LLW)</u>					
1	1.0 × 10 <sup>-4</sup> – 0.3	7.4 × 10 <sup>4</sup> – 3.7 × 10 <sup>6</sup>	7.4 × 10 <sup>3</sup> – 3.7 × 10 <sup>5</sup>	5.0 × 10 <sup>2</sup> – 1.0 × 10 <sup>4</sup>	5.0 – 1.0 × 10 <sup>3</sup>
<u>Intermediate Level Waste (ILW)</u>					
2	0.3 – 10	3.7 × 10 <sup>6</sup> – 3.7 × 10 <sup>9</sup>	3.7 × 10 <sup>5</sup> – 3.7 × 10 <sup>8</sup>	1.0 × 10 <sup>4</sup> – 1.0 × 10 <sup>7</sup>	1.0 × 10 <sup>3</sup> – 1.0 × 10 <sup>6</sup>
<u>High Level Waste (HLW)</u>					
3	> 10	> 3.7 × 10 <sup>9</sup>	> 3.7 × 10 <sup>8</sup>	> 1.0 × 10 <sup>7</sup>	> 1.0 × 10 <sup>6</sup>

Atliekos klasifikuojamos pagal dozės galią





# “Nauja” atliekų klasifikacija



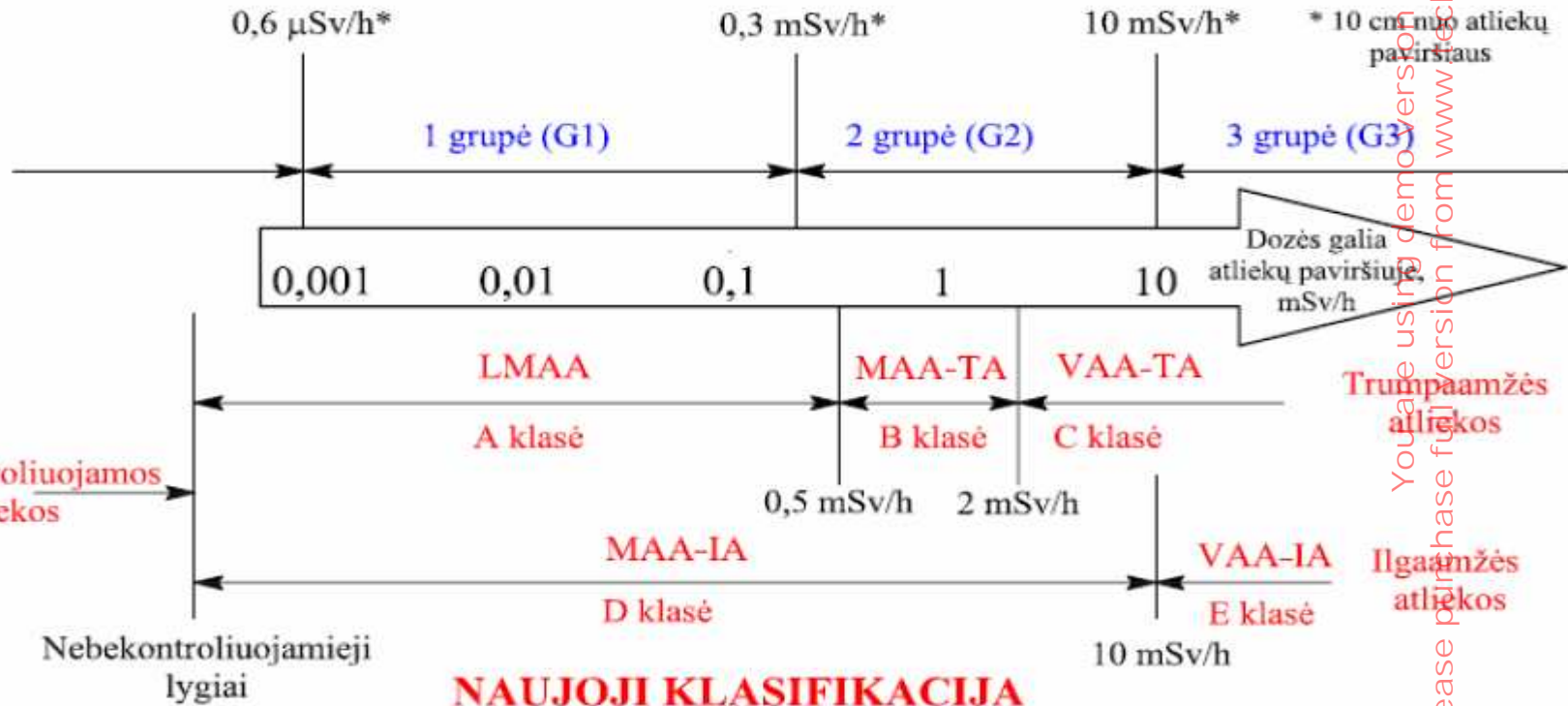
Atliekų klasė	Apibrėžimas	Abrėviavimas	Pav. dozės galia mSv/h	Apdorojimas	Laidojimo metodas
<b>0</b>	Nebekontr. atliekos	NA		Nereikalinga	Tvarkomos bendra tvarka
<i>Trumpaamžės mažo ir vidutinio aktyvumo atliekos</i>					
<b>A</b>	Labai mažo akt. atliekos	LMAA	$\leq 0.5$	Nereikalinga	Labai mažo aktyvumo atliekų kapinynas
<b>B</b>	Mažo akt. atliekos	MAA-TA	0.5-2	Reikalingas	Paviršinis kapinynas
<b>C</b>	Vidutinio akt. atliekos	VAA-TA	$> 2$	Reikalingas	Paviršinis kapinynas
<i>Ilgaamžės mažo ir vidutinio aktyvumo atliekos</i>					
<b>D</b>	Mažo akt. atliekos	MAA-IA	$\leq 10$	Reikalingas	Paviršinis kapinynas (vidutinis gylis)
<b>E</b>	Vidutinio akt. atliekos	VAA-IA	$> 10$	Reikalingas	Giluminis kapinynas
<i>Panaudoti uždarieji šaltiniai</i>					
<b>F</b>	Panaudoti užd. Šalt.	PUŠ		Reikalingas	Paviršinis arba giluminis kapinynas



# Senosios ir naujosios klasifikacijų palyginimas



## SENOJI KLASIFIKACIJA



Paremta TATENA Saugos serija Nr.111-G-1.1,  
1994



# Nauja atliekų klasifikavimo schema, IAEA GSG-1, 2009



You are using demo version  
Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)

You are using demo version  
Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)

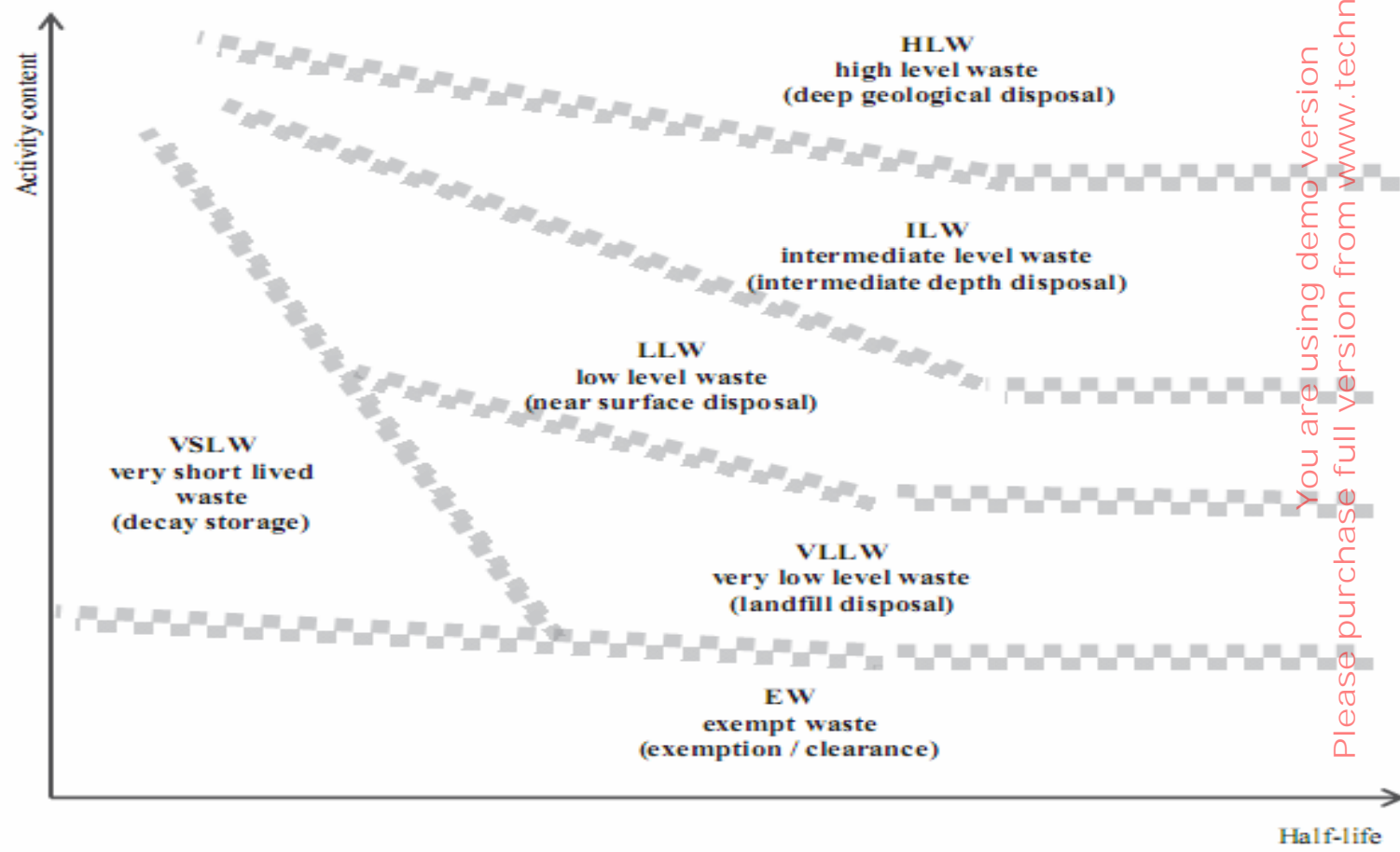


FIG. 1. Conceptual illustration of the waste classification scheme.

**Atliekos klasifikuojamos pagal jų laidojimo būdą**



# Nauji branduolinių atliekų tvarkymo įrenginiai Lietuvoje



You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocomsolutions.com](http://www.technocomsolutions.com)

[www.technocomsolutions.com](http://www.technocomsolutions.com)



Neišspręsta panaudoto kuro ir ilgaamžių atliekų problema

- 1 – **Panaudoto kuro saugykla**  
-statoma
- 2 – **Kietų atliekų tvarkymo įrenginiai**  
-statomi
- 3 – **Labai mažai aktyvių atliekų kapinynas**  
-projektas parengtas
- 4 – **Mažai ir vidutiniškai aktyvių atliekų kapinynas**  
-projektuojamas



# Šalių pasiekimai rengiantis laidoti panaudotą kurą ir ilgaamžes atliekas

## § Jungtinės Amerikos valstijos

- § Du dešimtmečius intensyviai tyrinėjo vulkaninio tufo klodus Yucca kalnuose Nevados valstijoje, tam išleidama daugiau nei 10 milijardų dolerių
- § Pagaliau įrodžius, kad pasirinktas sprendimas yra saugus, naujojo prezidento administracija nutraukė projektą ir sukūrė "Mėlynojo kaspino komisiją", turinčią išnagrinėti problemą ir pasiūlyti galimus sprendimus
- § Svarbiausias motyvas buvo tai, kad vieta giluminiam kapinynui buvo 1987 metais Kongreso patvirtinta politiniu, bet ne moksliniu pagrindu
- § Prioritetas turėtų būti skiriamas kristaliniam pamatui arba molio uolienoms arba giluminių gręžinių koncepcijai

## § Švedija ir Suomija jau pasirinko vietas panaudotam kurui laidoti

- § Giluminiai kapinynai bus įrengti mažai tektoninių lūžių pažeistuose kristalinio pagrindo blokuose
- § Panaudotas kuras bus laidojamas taikant KBS-3 koncepciją
- § Planuoja įrengti **2020 m.** (Suomija) ir **2023 m.** (Švedija)

## § Prancūzija

- § Planuojama pradėti laidoti perdirbtą panaudotą branduolinį kurą **2025 m.**
- § Perdirbtą ir įstiklintą panaudotą kurą tikimasi palaidoti argilitinėje Callovo-Oxfordian formacijoje Bure vietovėje (dar vadinamą Meuse-Haute Marne).
- § Grafitą ir radžio atliekas laidos atskirame kapinyne

## § Europos Sąjunga skatina kuo anksčiau pradėti laidoti panaudotą kurą

- § Europos Komisija lapkričio 3 d. patvirtino branduolinių atliekų direktyvos projektą, reikalaujantį, kad **visos šalys** per keletą metų parengtų detalias giluminių kapinynų įrengimo programas:
- § **Kur? Kada? Kaip? Už kokias lėšas?**





# Europos Komisija 2010 m. pasiūlė naują branduolinių atliekų direktyvą



- Nacionalinėse programose turi būti numatyta kada, kur ir kaip šalys statys giluminius geologinius kapinynus
  - Programose turi būti laidojimo būdai, įgyvendinimo grafikai ir kainos vertinimai
- Direktyva leis kelioms ES narėms dalintis bendru kapinynu, tačiau nepritars atliekų eksportui iš ES teritorijos





# Ilgaamžių atliekų kiekiai

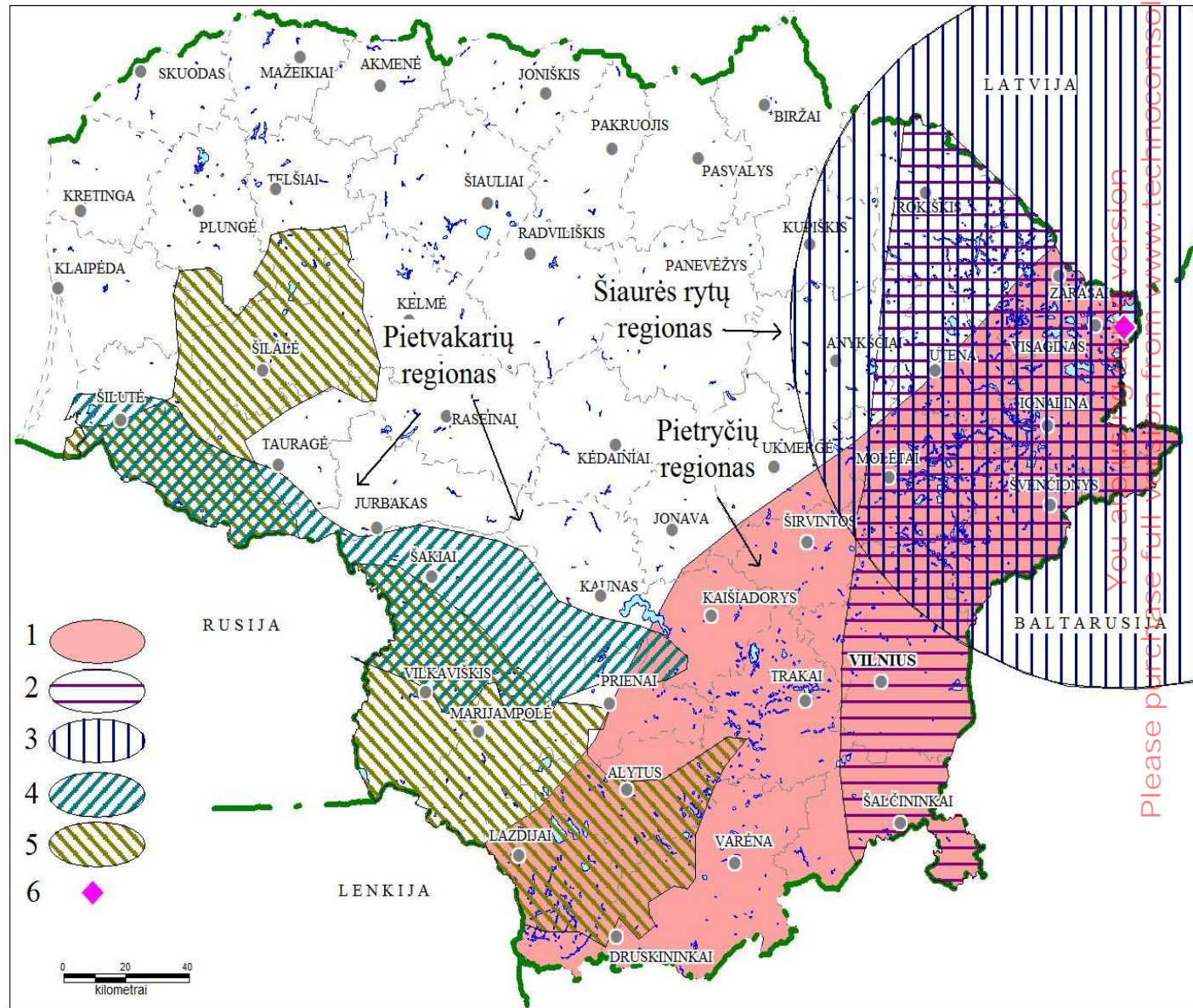


- § Preliminariais vertinimais paviršinių kapinynų priimtimumo laidoti kriterijų neatitiks šios atliekos: panaudotas branduolinis kuras, kai kurios labai aktyvios išmontuojamų reaktorių dalys, kai kurie panaudoti uždarieji šaltiniai, plutonio atliekos, radžio atliekos, nuskurdintas uranas (panaudotų šaltinių ekranai)
- § Apytiksliai atliekų kiekiai:
  - § Panaudotas kuras – apie 21 646 kuro rinklių (2500 tonų urano)
  - § Grafito atliekos ~ 2 500 m<sup>3</sup> (3800 tonų)
  - § Išmontavimo atliekos (kuro kanalai, kontroliniai ir stabdymo strypai, kuro rinklių dalys, aktyvuotos reaktoriaus plieninės konstrukcijos ~ 3650 m<sup>3</sup>)
  - § Serpentinitas ~ 1 700 m<sup>3</sup> (3 000 tonų)
  - § Panaudoti šaltiniai, bendras skaičius ~ 50 000 vnt.

# Giluminių kapinynų įrengimui tinkamų regionų ir geologinių formacijų kartoschema

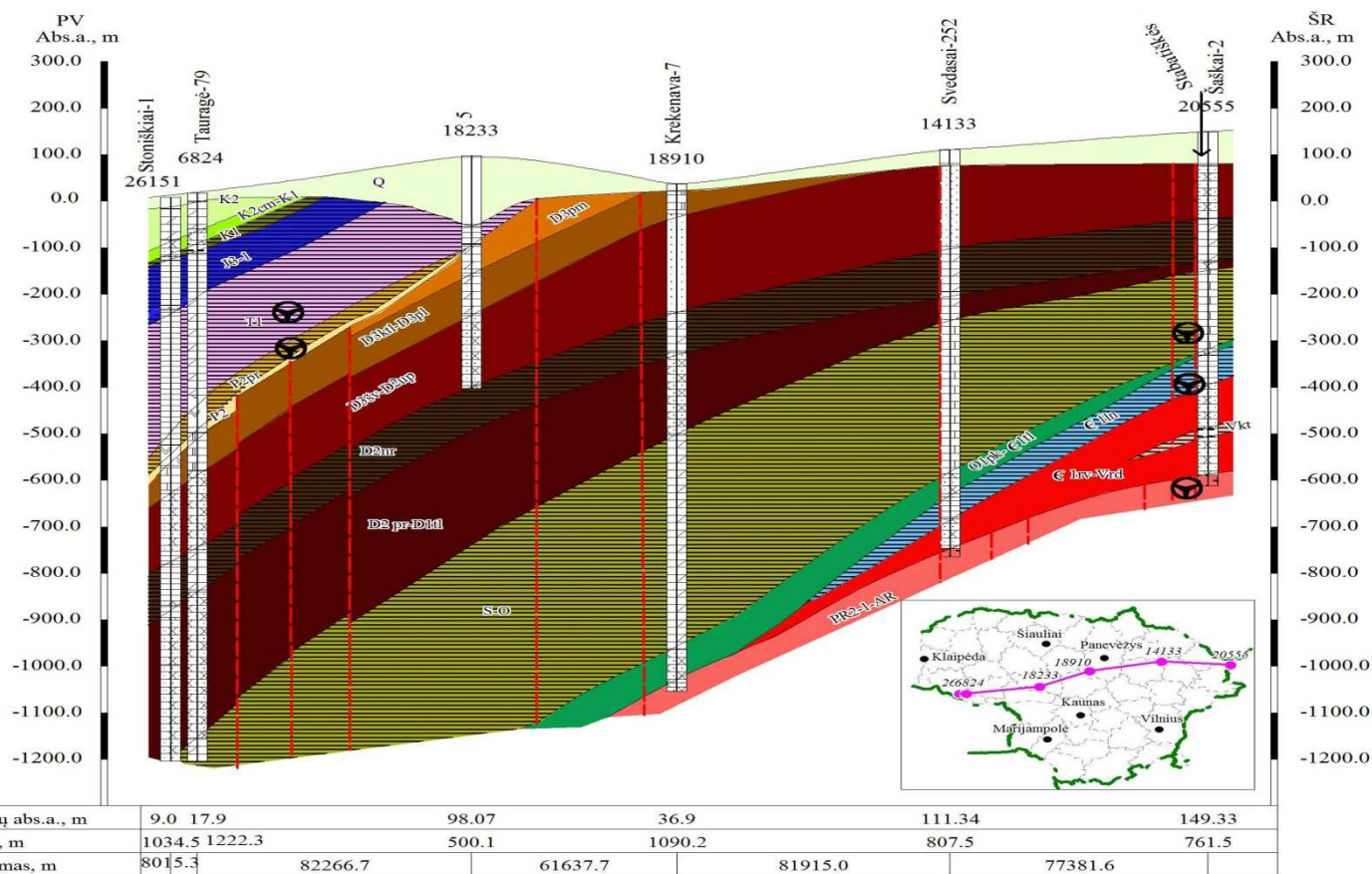
You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)



You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)



LEGENDA

- |  |   |  |   |  |                      |
|--|---|--|---|--|----------------------|
|  | Kvartero laidžios ir mažai liadžios nuogulos  |  | Vidurinio devono Narvos svitos nelaidžios uolienos                                      |  | Smėlis               |
|  | Viršutinės kreidos laidžios uolienos  |  | Vidurinio devono Pernu svitos-Apatinio devono Tilžės horizonto laidžios uolienos        |  | Molis                |
|  | Viršutinės kreidos Cenomanio aukšto-apatinės kreidos laidžios uolienos                                |  | Siltūro-ordoviko nelaidžios uolienos  |  | Smiltainis           |
|  | Apatinės kreidos nelaidžios uolienos  |  | Apatinio ordoviko Pakerorto horizonto-apatinio kambro Talso horizonto laidžios uolienos |  | Aleurolitas          |
|  | Juros nelaidžios uolienos (pietvakarinėje dalyje su laidžių uolienų tarpsluoksniais apatinėje dalyje) |  | Apatinio kambro Lontovo serijos nelaidžios uolienos                                     |  | Mergelis             |
|  | Apatinio triaso nelaidžios uolienos   |  | Apatinio kambro Rovno horizonto-vendo Redkino horizonto laidžios uolienos               |  | Klintis              |
|  | Viršutinio permio Priegliaus svitos nelaidžios uolienos   |  | Vendo Kotlino svitos nelaidžios uolienos  |  | Anhidritas           |
|  | Viršutinio permio laidžios nuogulos   |  | Viršutinio proterozojaus-archėjaus laidžios uolienos                                    |  | Kristalinės uolienos |
|  | Viršutinio devono Pamūšio svitos uolienos   |  | Lūžis   |  |                      |
|  | Viršutinio devono Ketlerių svitos-Pliavių horizonto laidžios uolienos                                 |  | Stratigrafinė riba  |  |                      |
|  | Viršutinio devono Šventosios svitos-Upninkų serijos laidžios uolienos                                 |  | Gręžinys ir jo Nr.  |  |                      |
|  |   |  | Orientacinė kapinyno vieta regiono  |  |                      |

# Geologinių formacijų regioninės slūgsojimo sąlygos



# Alternatyva – laidojimas giluminiame 5 km gylio gręžinyje



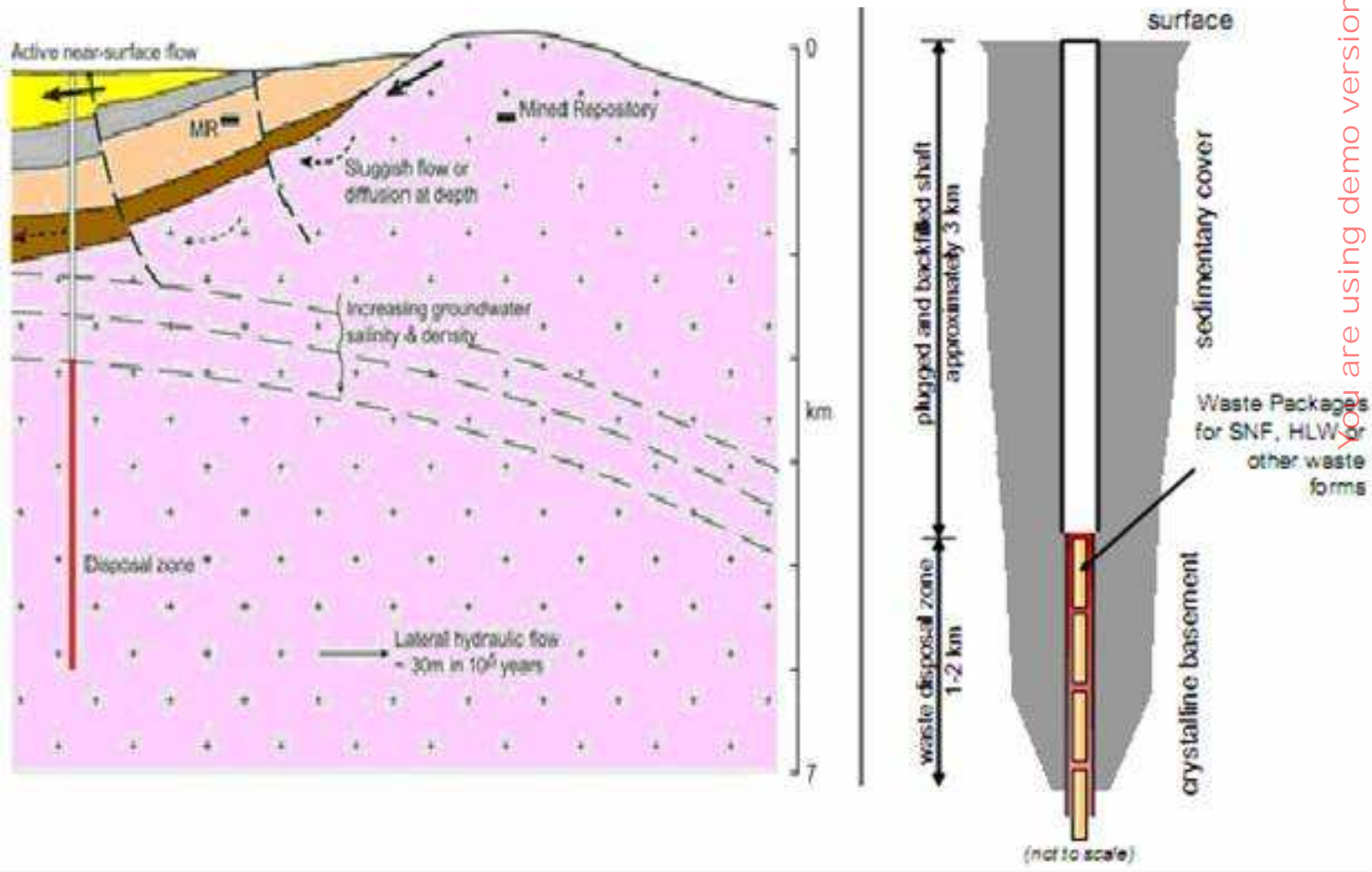
- § Progresas gręžiant giluminius gręžinius (daugiausiai dujoms ir naftai išgauti) leidžia naujai pažvelgti į šį metodą
- § Taikant šiandienines technologijas įmanoma įrengti iki 30–50 cm skersmens gręžinius, skirtus radioaktyviosioms atliekoms ir kurui
  - § Kaip alternatyvą sustabdytam JAV kapinyno projektui ši metoda siūlo *Sandia National*



# Giluminio gręžinio koncepcija pagal N. Chapman ir F. Gibb

You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)



You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocompsolutions.com](http://www.technocompsolutions.com)





# Radioaktyviųjų atliekų laidojimo strategija



Atsižvelgiant į atliekų savybes jos gali būti laidojamos tokiuose kapinynuose:

- § giluminiame kapinyne, tinkamame panaudotam kurui laidoti (apie 500 m gylyje)
  - § tuneliai molingose uolienose,
  - § arba kristaliniame pamate
- § kapinyne vidutiniame gylyje (keleto dešimčių metrų gylyje)
  - § tinkamas vidutinio ir mažo aktyvumo ilgaamžėms atliekoms laidoti
- § mažo skersmens gręžinyje (apie 100 m gylio),
  - § tinkamas nedideliame kiekiui atliekų (panaudotiems uždariesiems šaltiniams) laidoti
- § giluminiame gręžinyje (nuo 3 iki 5 km gylyje)
  - § tinka panaudotam kurui laidoti kristalinio pamato uolienose





# Laidojimas dviejuose atskiruose kapinyuose



- § Ignalinos atominėje elektrinėje yra planuojamas gana didelis vidutinio aktyvumo ilgalaikių atliekų kiekis ir jos galėtų būti laidojamos jau po 10–20 metų,
  - § gali būti tikslinga šiems atliekoms įrengti atskirą kapinyną
- § Taip būtų išvengta ilgalaikio atliekų saugojimo išlaidų
- § Panaudoto kuro kapinyno statyba būtų kuriam laikui atidėta

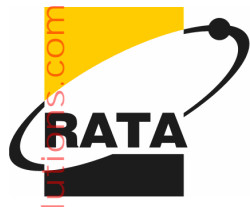


## 2004 metais pasiūlytas kapinyno įrengimo grafikas

Uždaviniai	Pradžia, metai	Pabaiga, metai
• Planavimas ir pradiniai tyrimai	2002	2025
• Tyrimai ir kūrimas, saugos įvertinimas	2025	2067
• Kuro patalpinimas į vario kanistrus gamyklos statyba	2035	2064
• Kapinyno vietos parinkimas ir jos tyrimai	2027	2037
• Įrenginių žemės paviršiuje statyba	2031	2067
• Kapinyno statyba - požeminiai darbai	2036	2066

You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocomsolutions.com](http://www.technocomsolutions.com)



# Ačiū!

You are using demo version

Please purchase full version from [www.technocomsolutions.com](http://www.technocomsolutions.com)

