



eBook for Undergraduate Education in Radiology

| Fenttartható radiológia



Előszó

A radiológia alapképzését Európában a nemzeti rendszerek szerint biztosítják, és akadémiai intézményenként jelentősen eltérhet. Néha a radiológia területét "átfogó tudományágnak" tekintik, vagy más klinikai tudományágak, például a belgyógyászat vagy a sebészet összefüggésében tanítják.

Ez az e-könyv azzal a céllal jött létre, hogy Európa-szerte segítse az orvostanhallgatókat és az egyetemi tanárokat a radiológia egészének koherens tudományággént való megértésében és oktatásában. Tartalma az ESR alapfokú Európai Radiológiai Képzési Tantervének alapul, és összefoglalja az alapvető elemeket, amelyeket minden orvostanhallgatónak ismernie kell. Bár a képértelmezéshez szükséges specifikus radiológiai diagnosztikai készségeket nem minden hallgató sajátíthatja el, és inkább az ESR képzési tantervek posztgraduális szintjeinek céljai közé tartozik, ez az e-könyv további betekintést is tartalmaz a modern képalkotással kapcsolatban. Ennek a célja, hogy az érdeklődő egyetemi hallgató megértse a modern radiológiát, tükrözve annak multidiszciplináris jellegét, mint szervalapú specialitást.

Szeretnénk külön köszönetet mondani az ESR Oktatási Bizottsága szerzőinek és tagjainak, akik hozzájárultak ehhez az e-könyvhöz, Carlo Catalanónak, Andrea Laghinak és Palkó Andrásnak, akik kezdeményezték ezt a projektet, valamint az ESR Hivatalnak, különösen Bettina Leimbergernek és Danijel Lepirnek a projekt megvalósításában nyújtott támogatásukért.

Reméljük, hogy ez az e-könyv hasznos eszközként szolgálhat az egyetemi radiológiai egyetemi oktatásban.

Minerva Becker
ESR Education Committee Chair

Vicky Goh
ESR Undergraduate Education Subcommittee Chair

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapköve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Szerzői jog és felhasználói feltételek

Ez a mű a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 nemzetközi Licenc alatt készült.

Önnek lehetőségében áll:

Megosztás – másolja és terjessze az anyagot bármilyen médiumban vagy formátumban

A következő feltételekkel:

- Forrásmegjelölés – Meg kell adnia a megfelelő forrásmegjelölést, meg kell adnia a licencre mutató hivatkozást, és jeleznie kell, hogy történtek-e módosítások. Ezt bármilyen ésszerű módon megteheti, de nem olyan módon, amely azt sugallja, hogy a licenciaadó támogatja Önt, vagy a módosított formátumot.
- Kereskedelem– Az anyagot nem használhatja kereskedelmi célokra.
- Átalakítás – Ha újrakeveri, átlakítja vagy épít az anyagra, nem terjesztheted a módosított anyagot.

Hogyan kell idézni ezt a munkát:

Európai Radiológiai Társaság, Michael Jackson(2022) eBook for Undergraduate Education in Radiology: Sustainable Imaging. DOI 10.26044/esr-undergraduate-ebook-26

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapköve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



eBook for Undergraduate Education in Radiology

Based on the ESR Curriculum for Undergraduate Radiological Education

Fenntartható képalkotás

Authors

Dr. Michael Jackson, Consultant Paediatric Radiologist,
Royal Hospital for Children and Young People, Edinburgh, United Kingdom

European Society Radiology (ESR) subcommittee on sustainable imaging

michael.jackson@nhs.scot



Fordította

Kincses Zsigmond Tamás

Szegedi Tudományegyetem Radiológiai Klinika

kincses.zsigmond.tamas@szte.hu



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Linkek



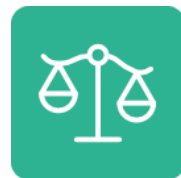
Fontos tudás



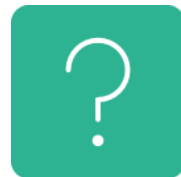
További információk



Figyelem



Összehasonlítás



Kérdések



Hivatkozások

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

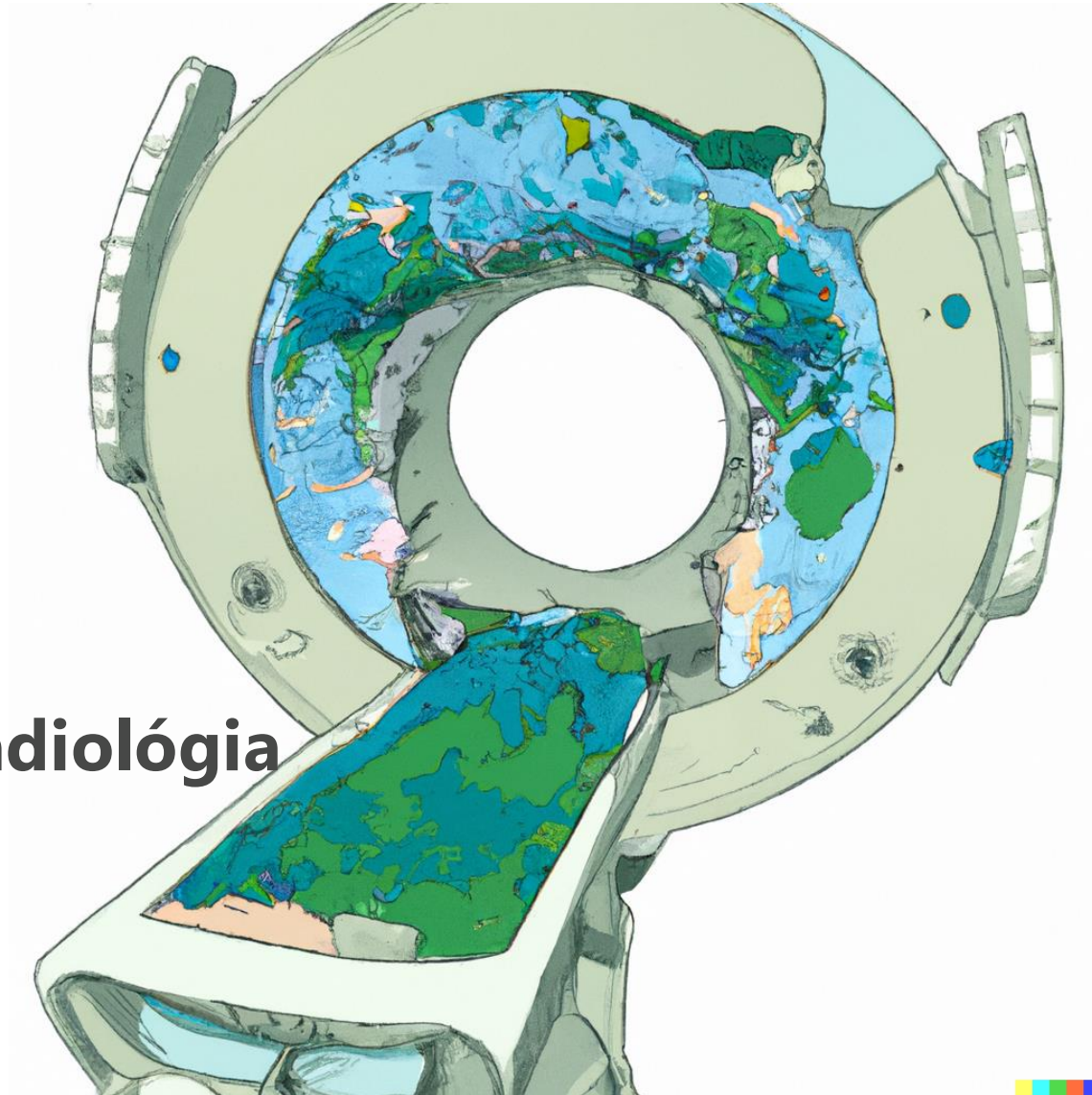
Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Fenntartható radiológia



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Tartalomjegyzék

- **Bevezetés**
- **Háttér**
- **A fenntartható egészségügy négy alapköve**
- **Képalkotó modalitások**
 - Ultrahang és CT
 - MR és nukleáris medicina
- **További energiaköltségek**
 - Transport
 - Mesterséges intelligencia
- **Fogyóanyagok**
 - Védőeszközök
 - Jódos kontrasztanyagok
 - Gadolinium tartalmú kontrasztanyagok
 - Helium
 - Ultrahang kontrasztanyagok
 - Egyéb
- **Etikai megfontolások**
 - Megelőzés
 - Kockázat haszon analízis
 - Képalkotó képalkotást szül
 - Elkerülni az apokaliptikus halálspirált
- **Fontos üzenetek**
- **Teszteld a tudásod**
- **Referenciák**

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Bevezetés



A klímavészhelyzet az egyik legnagyobb fenyegetés az emberi egészségre és jólétre, egy olyan globális egészségügyi krízis, amely súlyosabb, mint a Covid–19 világjárvány.

Az egészségügy általában, és különösen az orvosi képalkotás, energiaigényes tevékenység, amely jelentős környezeti hatással jár. Az utóbbi években egyre világosabbá vált, hogy ez a környezeti hatás emberéletek és megélhetések elvesztéséhez vezethet.

Ez a fejezet megvizsgálja a képalkotás karbonköltségét, valamint a kapcsolódó további környezeti szennyező anyagokat, különös tekintettel a különböző képalkotó modalitásokra, fogyóeszközökre és egyéb energiafelhasználási területekre, mint például a szállítás.

Áttekintjük a jelenlegi gyakorlat olyan módosításait, amelyek csökkenthetik a képalkotás hatásait, ugyanakkor szélesebb körű kérdéseket is felvetünk az egészségügyi ellátás módjával kapcsolatban. Vajon fenntartható-e az energiaigényes, utólagos kezelési modell, amikor bizonyos betegségek potenciálisan megelőzhetők?

Bár a képalkotásra fókuszálunk, ennek a fejezetnek a tartalma és témái a gyógyászat legtöbb területére is alkalmazhatók. Egészségügyi szolgáltatóként etikai felelősségünk, hogy biztosítsuk, az általunk nyújtott ellátás nemcsak biztonságos és megfelelő az előttünk álló beteg számára, hanem fenntartható és indokolható is.

▶ Bevezetés

Háttér

A fenntartható egészségügy négy alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Háttér (1)



A klímavészhelyzet az egyik legnagyobb fenyegetése az emberi egészségre és jólétre.

Az éghajlatváltozás közvetlenül hozzájárul a humanitárius krízisekhez, mint a hóhullámok, erdőtüzek, árvizek, trópusi viharok és hurrikánok, melyek mérete, gyakorisága és intenzitása egyre növekszik.

Az emberi tevékenység által előidézett éghajlatváltozás felelős a hővel összefüggő halálesetek 37%-áért. A 65 év felettiek körében a hőmérséklet okozta halálozások 70%-kal emelkedtek két évtized alatt. 2020-ban 98 millióval többen tapasztaltak élelmezésbizonytalanságot az 1981–2010 közötti átlaghoz képest. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) konzervatív becslése szerint a klímaváltozás következtében 2030-ra évente további 250 000 haláleset várható olyan betegségek miatt, mint a malária, az alultápláltság, a hasmenés és a tengerparti áradások. [ref 1]

2017-ben a Világbank az „Egészségügy Ártalom Nélkül” szervezettel közösen becslést készített, amely szerint az egészségügyi szektor 2011-ben 2,6 milliárd tonna CO₂-t generált a globálisan kibocsátott 52 milliárd tonnából, ami a globális CO₂-kibocsátás 5%-át teszi ki. [ref 2]

Az Egyesült Államok, Ausztrália, Anglia és Kanada egészségügyi ágazatai együttesen évente 748 millió tonna szén-dioxidot bocsátanak ki. Ha ezen országok egészségügyi ágazatai egy független országot alkotnának, a hetedik helyen állnának a világ üvegházhatású gázkibocsátói között. [ref 3]

Míg az egészségügy kétségtelenül jelentős előnyöket nyújt, egyre világosabb, hogy az egészségügyi kibocsátások környezeti hatása szintén hozzájárul az emberéletek és megélhetések elvesztéséhez. Az egészségügyi szakemberek és a közvélemény egyaránt egyre inkább felismerik annak szükségességét, hogy a fenntarthatóságot minden egészségügyi tevékenységben és döntésben figyelembe vegyék.

Ref 1: https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1

Ref 2: Climate-Smart Healthcare: Low-carbon and Resilience Strategies for the Health Sector. World Bank 2017

Ref 3: [Sustainability in Health Care](https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-environ-112320-095157). Howard Hu, Gary Cohen, Bhavna Sharma, Hao Yin, Rob McConnell. Annual Review of Environment and Resources 2022 47:1, 173-196. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-environ-112320-095157>



Bevezetés

▶ Háttér

A fenntartható egészségügy négy alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Háttér (2)

A klímaválság egyben egészségügyi válság is.

Az alábbi ábra bemutatja, hogyan kombinálódhatnak a globális felmelegedés multifaktoriális hatásai az egészségre gyakorolt hatás érdekében:

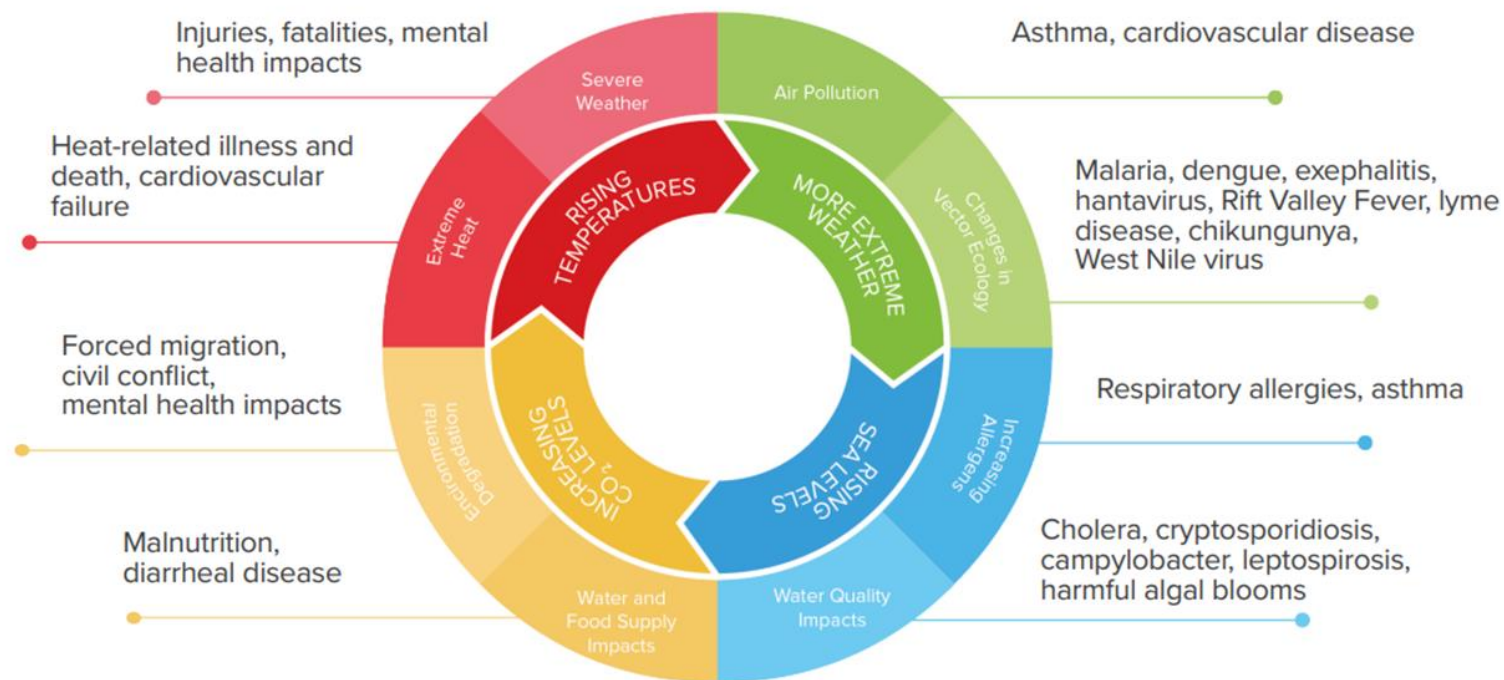


Figure 1: Impact of climate change on human health (Source: U.S. Centers for Disease Control and Prevention)



Bevezetés

▶ Háttér

A fenntartható egészségügy négy alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Háttér (3)



Az egészségügyben az orvosi képalkotás jelentős arányát képviseli a szénelapú kibocsátásoknak, és emellett további környezeti szennyezést is okoz.

Becslések szerint a képalkotás az egészségügyi kibocsátások körülbelül 10%-áért felelős [ref 1], ami nagyjából a globális kibocsátás 0,5%-ának felel meg.

2016-ban 120 országban a MR képalkotás és a CT CO₂-kibocsátása a teljes globális kibocsátás 0,77%-át tette ki [ref 1].

Egy másik becslés még ennél is magasabb arányt, 1%-ot állapít meg [ref 2].

Bár ezek az adatok bizonyos mértékben eltérnek egymástól, egyértelmű, hogy az orvosi képalkotás is hozzájárul az üvegházhatású gázok kibocsátásához. A legújabb kutatások szerint a fosszilis tüzelőanyagok elégetése miatti légszennyezés évente 8,34 millió korai halálozást okoz [ref 3]. A 0,5%-os alsó becslés alapján az orvosi képalkotás évente 41 700 korai halálozást okozhat, míg a magasabb, 1%-os becslés szerint ez az érték évente 83 400 halálozatra emelkedik.

Bár néhány ország, ahol a képalkotással kapcsolatos energiafelhasználás magas, fenntartható módon előállított villamos energiát használ, ezek az adatok továbbra is aggasztóak, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy a WHO által a globális felmelegedés következtében előre jelzett további korai halálozások még nincsenek belekalkulálva.

Ref 1 Picano E, Mangia C, D'Andrea A. Climate Change, Carbon Dioxide Emissions, and Medical Imaging Contribution. J Clin Med. 2022 Dec 27;12(1):215. doi: 10.3390/jcm12010215. PMID: 36615016; PMCID: PMC9820937.

Ref 2 The Lancet Digital Health. Curbing the carbon footprint of health care. Lancet Digit Health. 2023 Dec;5(12):e848. doi: 10.1016/S2589-7500(23)00229-7. PMID: 38000867.

Ref 3 Lelieveld J, Haines A, Burnett R, Tonne C, Klingmüller K, Münzel T et al. Air pollution deaths attributable to fossil fuels: observational and modelling study BMJ 2023; 383 :e077784 doi:10.1136/bmj-2023-077784



Bevezetés

▶ Háttér

A fenntartható egészségügy négy alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



A fenntartható egészségügy négy alapelve



Az egészségügyben az orvosi képalkotás jelentős arányát képviseli a szénelapú kibocsátásoknak, és emellett további környezeti szennyezést is okoz. A kevésbé káros képalkotó szolgáltatások biztosításához hasznos felidézni a fenntartható egészségügy négy alapelvét [Mortimer F, 2010]:

1. Megelőzés

- Az egészség előmozdítása és a betegségek megelőzése az okok és egyenlőtlenségek kezelésével.

2. Beteg önellátás

- A betegek felhatalmazása, hogy nagyobb szerepet vállaljanak saját egészségük és egészségügyi ellátásuk kezelésében.

3. Takarékos szolgáltatás

- Az ellátási rendszerek ésszerűsítése a pazarló tevékenységek minimalizálása érdekében.

4. Alacsony szén-dioxid-kibocsátás

- Az alacsonyabb környezeti hatású kezelések és technológiák előnyben részesítése.



Mortimer F. The sustainable physician. Clin Med (Lond). 2010 Apr;10(2):110-1. doi: 10.7861/clinmedicine.10-2-110. PMID: 20437974; PMCID: PMC4952075.

Bevezetés

Háttér

► A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Képalkotó modalitások



Az orvosi képalkotás vagy radiológia számos különböző vizsgálati technikát vagy modalitást alkalmaz, amelyeket részletesen tárgyalunk könyvünkben.

Minden modalitásnak megvannak a maga előnyei és hátrányai különböző testrészek és patológiák megjelenítésében, de a szénlábnyomuk is különbözik.

Bár a radiológiai osztályok törekednek az erőforrások megfontolt használatára, függetlenül a fenntarthatósági kérdésektől, a különböző képalkotási technikák relatív szénköltségének vizsgálata hasznos lehet a jövő képalkotó osztályainak megtervezésében, és annak kidolgozásában, hogyan szolgálhatja a képalkotás a legjobban a pácienseket.

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

► **Képalkotó modalitások**

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Ultrahang



A legtöbb esetben az ultrahang rendelkezik a legalacsonyabb üvegházhatású gázkibocsátással, különösen a keresztmetszeti képalkotással összehasonlítva. Egy hasi ultrahang vizsgálat becslések szerint 0,5 kg CO₂e kibocsátást eredményez, míg egy hasi CT-vizsgálat 9,2 kg-ot, egy hasi MRI-vizsgálat pedig 17,5 kg-ot.

A kén-hexafluorid mikrobuborékok használata ultrahang kontrasztanyagként növeli a környezeti terhelést (lásd Fogyóeszközök: Ultrahang Mikrobuborékok). Az ultrahangnak vannak bizonyos technikai korlátai; a mellkas és a has láthatóságát részben a bordák és a bélgáz akadályozzák, továbbá eredményei nagymértékben függenek a kezelőtől, így megbízhatósága változóbb lehet a CT-hez vagy MRI-hez képest. Azonban a képminőség folyamatosan javul a technológiai fejlődésnek köszönhetően, és a viszonylag alacsony szénlábnyomának köszönhetően az ultrahang egyre hasznosabbá válhat olyan helyzetekben, ahol a keresztmetszeti képalkotási lehetőségek korlátozottak.

Computed Tomographia (CT)

Míg egy hasi vizsgálat becslések szerint 9,2 kg CO₂e kibocsátást eredményez, a teljes test vizsgálata vagy többfázisú felvételek esetén egyes vizsgálatok meghaladhatják a 30 kg CO₂e-t. Schöckel és mtsai. (2020) becslése szerint évente világszerte 350 millió CT-vizsgálatot végeznek. Feltételezve, hogy egy vizsgálat 9,2 kg CO₂e kibocsátást eredményez, a CT-vizsgálatok évente mintegy 3,2 millió tonna CO₂ kibocsátással járnának globálisan.



Schöckel L, Jost G, Seidensticker P, Lengsfeld P, Palkowitsch P, Pietsch H. Developments in X-Ray Contrast Media and the Potential Impact on Computed Tomography. Invest Radiol. 2020 Sep;55(9):592-597. doi: 10.1097/RLI.0000000000000696. PMID: 32701620.

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

► **Képalkotó modalitások**

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Mágneses rezonancia képalkotás

Az MRI működéséhez rendkívül erős mágneses térre van szükség (a legtöbb klinikai berendezés 1,5 vagy 3 Tesla térerősséget használ) => lásd az e-könyv MRI fejezetét.

A szupravezető mágnesek telepítésének és karbantartásának szénköltisége jelentős (lásd még: MRI: Hélium).



Egy becslés szerint egy hasi MRI-vizsgálat 17,5 kg CO₂e kibocsátással jár, ami nagyjából kétszerese egy hasi CT-vizsgálatnak, és mintegy 35-szöröse egy hasi ultrahang vizsgálat szénköltiségének. [McAlister S, et al 2022]

Az MRI gyakran olyan információkat szolgáltat, amelyeket más képalkotó modalitások nem nyújtanak, de a magas energiafogyasztás arra készteti a radiológiai osztályokat, hogy fenntarthatóbb vizsgálati módokat válasszanak.

Például az összes járóbeteg-ellátásban használt MRI-készülék 12 órás éjszakai energiatakarékos üzemmódjának bevezetése az Egyesült Államokban a kikapcsolt állapot helyett évente 58 863,2–76 288,2 MW-óra, 8,2–10,7 millió dollár és 41 606,4–54 088,3 tonna CO₂e megtakarítást jelentene az amerikai egészségügy számára [Wollen SA et al 2023].

Nukleáris medicina

A nukleáris medicina képalkotó technikáihoz kapcsolódó energiafelhasználási költségek, beleértve a gamma kamerákat, a SPECT és PET szkennereket, szintén jelentősek lehetnek, bár jelenleg viszonylag kevés publikált irodalom áll rendelkezésre ezen a téren.

McAlister S, McGain F, Petersen M, Story D, Charlesworth K, Ison G, Barratt A. The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. Lancet Reg Health West Pac. 2022 May 3;24:100459. doi: 10.1016/j.lanwpc.2022.100459. PMID: 35538935; PMCID: PMC9079346.

Woolen SA, Becker AE, Martin AJ, Knoerl R, Lam V, Folsom J, Eusemann C, Hess CP, Deshpande V. Ecodesign and Operational Strategies to Reduce the Carbon Footprint of MRI for Energy Cost Savings. Radiology. 2023 May;307(4):e230441. doi: 10.1148/radiol.230441. Epub 2023 Apr 25. Erratum in: Radiology. 2023 Jul;308(1):e239020. PMID: 37097133.



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

► Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák





További energiaköltségek: Transport (1)

Az Egyesült Királyságban a betegek és a személyzet szállítása az Országos Egészségügyi Szolgálat (NHS) szénlábnyomának körülbelül 10%-át teszi ki.

Csak Angliában évente több mint 9,5 milliárd NHS-hez kapcsolódó közúti mérföld van, ami az összes közúti forgalom körülbelül 3,5%-át jelenti. [ref 1]

Bár a szállítási logisztika nagyrészt kívül esik a radiológiai osztályok ellenőrzési körén, van lehetőség a munkafolyamatok módosítására az indokolatlan utazások csökkentése érdekében:

- „Hub and spoke” szolgáltatási modell, amelyben szakorvos radiológusok látogatják meg a körzeti kórházakat, hogy a helyi közösséghez közelebb biztosítsák a vizsgálatokat, csökkentve a tercier központba való utazás szükségességét.
- Hordozható CT-szennekerek és mammográfiai egységek elhelyezése a közösségen belül, könnyen elérhető helyeken.
- A munkafolyamatok módosítása, hogy teleradiológiai vagy külső rendszerek használatával csökkentsék az indokolatlan ingázást.



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

► További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



További energiaköltségek: Transport (2)

Az oktatási célú összejövetelek, konferenciák hagyományosan személyes események voltak, és a legtöbben ezeket az eseményeket élvezetesebbnek és inspirálóbbnak találják, mint az online tanulást. Különösen, ha az események néhány órát vagy akár napokat vesznek igénybe. Az ilyen rendezvények által nyújtott társasági lehetőségek a hivatalos ülések között szintén létfontosságúak a szakmai kapcsolatok és barátságok kialakításában, amelyek gyakran produktív együttműködésekhez és innovatív új gyakorlatokhoz vezetnek.

Ugyanakkor az országos és különösen a nemzetközi konferenciák és találkozók szénlábnyma jelentős, amelyet a klímavészhelyzet kontextusában alaposan meg kell vizsgálni.

Yakar és Kwee kiszámították a 2017-es RSNA éves találkozó (a legnagyobb radiológiai konferencia, amelyet évente Chicagóban rendeznek meg) szénlábnymát. A 24 000 résztvevő repülőútjai (körülbelül fele az USA-ból, fele más országokból érkezett) 40 000 tonna CO₂e-kibocsátást eredményeztek. Amikor jó minőségű elektronikus tananyagok állnak rendelkezésre, vajon indokolt-e az interkontinentális utazás a szakmai továbbképzés céljából?



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

► További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Yakar D, Kwee TC. Carbon footprint of air travel to international radiology conferences: FOMO? Eur Radiol. 2020 Nov;30(11):6293-6294. doi: 10.1007/s00330-020-06988-2. Epub 2020 Jun 10. PMID: 32518990; PMCID: PMC7283036.



További energiaköltségek: Mesterséges intelligencia



Remélhető, hogy a mesterséges intelligencia algoritmusai és a gépi tanulás a jövőben javítani fogják az orvosi képalkotás diagnosztikai pontosságát és hatékonyságát. A fejlett számítástechnika új megoldásokat kínálhat, amelyek végül csökkenthetik az energiafelhasználást és az üvegházhatású gázok kibocsátását. Azonban egyelőre a mesterséges intelligencia energiaigényes tevékenység.

A legújabb kutatások szerint az NVIDIA, az AI számítástechnika egyik piacvezetője, szerverei várhatóan több mint 85,4 terawatt-órát fognak fogyasztani évente 2027-re, meghaladva olyan országok energiafogyasztását, mint Svédország és Argentína. [de Vries, 2023] 2020-ban az információs és kommunikációs technológiai infrastruktúra és eszközök a globális villamosenergia-felhasználás körülbelül 5%-át tették ki. [UK Parliament 2022] 2022-ben a Google jelentette, hogy a gépi tanulás az elmúlt három év során energiafelhasználásának 15%-át tette ki. [Patterson, 2022]



Az AI-hoz kapcsolódó energiaköltségek várhatóan csökkenni a technológia fejlődésével, de jelenleg a képalkotási elemzésben alkalmazott AI algoritmusok használata tovább növeli egy már eleve energiaigényes tevékenység szénlábnymát.



de Vries, The growing energy footprint of artificial intelligence, Joule (2023), <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>
Energy consumption of ICT. UK Parliament Research Briefing (2022) POSTNOTE Number 677, September 2022

David Patterson Google Research February 15, 2022 [Good News About the Carbon Footprint of Machine Learning Training \(research.google\)](https://research.google/)



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

► További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Fogyóeszközök: Védőeszközök

A Covid-19 világjárvány során hatalmas mennyiségű egyszer használatos egyéni védőfelszerelést használtak, ami kérdéseket vetett fel az olyan eszközök környezeti hatásával kapcsolatban, mint az eldobható arcmaszkok, kesztyűk és kötények. [refs 1,2] Az Egészségügyi Világszervezet becslése szerint a járvány minden egyes hónapjában világszerte mintegy 89 millió orvosi maszkra, 76 millió gumikesztyűre és 1,6 millió védőszemüvegre volt szükség [ref 3].

Bár az ilyen eszközök használata csökkent a járvány után, és a képalkotó részlegek jellemzően kevesebb védőfelszerelést használnak más szakterületekhez képest, a globális szintű kollektív hatás továbbra is aggasztó.

A fertőzés elleni védekezési intézkedések létfontosságúak a betegek és a személyzet védelme érdekében, ugyanakkor körültekintően, a bizonyítékokon alapuló gyakorlatot követve kell alkalmazni azokat, hogy csökkentsék a felesleges hulladékot.



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Ref 1: Rizan C, Reed M, Bhutta MF. Environmental impact of personal protective equipment distributed for use by health and social care services in England in the first six months of the COVID-19 pandemic. J R Soc Med. 2021 May;114(5):250-263. doi: 10.1177/01410768211001583. Epub 2021 Mar 16. PMID: 33726611; PMCID: PMC8150566.

Ref. 2: Bennett R, Maraka J. Healthcare should not cost us the Earth BMJ 2020; 371 :m4289 doi:10.1136/bmj.m4289.

Ref 3: WHO News Release, 3 March 2020 <https://www.who.int/news/item/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide>



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák





Fogyóeszközök: Jódos kontrasztanyagok (1)



A jódos kontrasztanyagokat számos röntgen alapú képalkotó technikában használják, leggyakrabban CT-vizsgálatok során. Világszerte évente több millió liter jódos kontrasztanyagot használnak fel, és egy nemrégiben készült becslés szerint ez meghaladja az évi 10 millió litert [ref 1].

Az intravénás alkalmazást követően ezek az anyagok a vizelettel választódnak ki és bekerülnek a vízellátó rendszerbe. Jódos kontrasztanyagokat találtak a szennyvízben, felszíni vizekben és ivóvízben a világ több pontján. Egy, a Rajnán végzett tanulmány (amely Németország és Hollandia határán folyik) szerint 2020-ban mintegy 71 tonna jódos kontrasztanyag áramlott Németországból Hollandiába.

Bár maguk a jódos kontrasztanyagok biztonságosnak tekinthetők, reakcióba léphetnek olyan gyakran használt fertőtlenítőszerrel, mint a klór, szerves anyagok jelenlétében, és az így keletkező bomlástermékek mérgezőbbek lehetnek, mint a szokványos fertőtlenítő szerek [ref. 2]. A meglévő kezelési technológiák jelenleg még nem képesek eltávolítani a jódos kontrasztanyagokat és azok bomlástermékeit a szennyvízből.



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Ref. 1: Dekker HM, Stroomberg GJ, Prokop M. Tackling the increasing contamination of the water supply by iodinated contrast media. Insights Imaging. 2022 Feb 24;13(1):30. doi: 10.1186/s13244-022-01175-x. PMID: 35201493; PMCID: PMC8873335.

Ref. 2: Sengar A, Vijayanandan A (2021) Comprehensive review on iodinated X-ray contrast media: complete fate, occurrence, and formation of disinfection byproducts. Sci Total Environ 769:144846. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144846>



Fogyóeszközök: Jódos kontrasztanyagok (2)



A jódos kontrasztanyagok vízellátó rendszerbe kerülésének kezelésére irányuló stratégiák közé tartozik:

- A kórházi szennyvíz speciális kezelése a szennyvízrendszerbe történő kibocsátás előtt
- A vizelet gyűjtése eldobható tasakokban járóbeteg-vizsgálatok esetén
- Kontrasztanyag használatának mellőzése, ha az nem szükséges
- Fel nem használt, felbontott kontrasztanyagok gyűjtése és újrahasznosítása
- A kontrasztanyag palackok felhasznált mennyiségének optimalizálása a radiológiai vizsgálati listán a pazarlás csökkentése érdekében

A jódos kontrasztanyagok felesleges használatának és pazarlásának csökkentése nemcsak a vízzel kapcsolatos környezeti hatások mérséklése szempontjából előnyös, hanem a nem vízhez kapcsolódó környezeti hatásokat is csökkenti, mivel ezeknek az anyagoknak az előállítása jelentős energiaköltséggel és egyéb környezeti terhekkel jár.



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



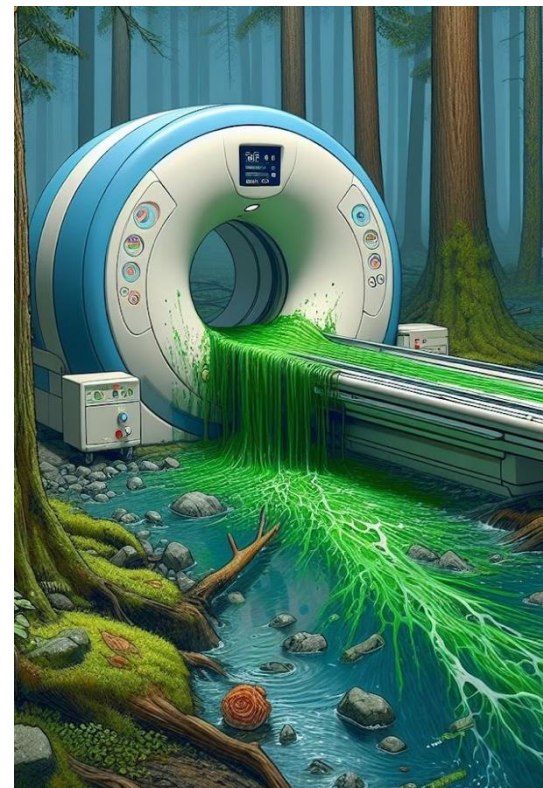
Fogyóanyagok: Gadolinium alapú kontrasztanyagok



A gadolínium egy nehézfém, amelyet intravénás kontrasztanyagként használnak MRI-vizsgálatok során. Bizonyos típusú daganatok és fertőző folyamatok csak gadolínium alapú kontrasztanyagok (GBCA) alkalmazásával jeleníthetők meg megfelelően. Ugyanakkor egyre nagyobb aggodalomra ad okot a gadolínium vízellátásba kerülése. A világ éves gadolínium-oxid-felhasználása körülbelül 1000 tonna, és jelenleg nincs hatékony módszer annak eltávolítására vagy újrahasznosítására. A GBCA-k beadásukat követően 30 órán belül szinte teljesen kiválasztódnak a vizelettel, és több európai város ivóvizében kimutatták jelenlétüket [ref 1].

A GBCA-k stabil molekuláknak tűnnek, ami korlátozza a gadolínium toxicitását. Azonban a Paracentrotus lividus tengeri sün embrióin és lárváin végzett kutatások arra utalnak, hogy a gadolíniumszennyezés kockázatot jelent a tengeri élővilágra [ref 2]. Tekintve, hogy a GBCA-kat csak 1988 óta használják, még nem ismert a több ezer tonna felhalmozódásának hosszú távú hatása az óceánokban.

A vízszennyezés miatti aggodalmak mellett a gadolínium kitermelése is jelentős környezeti terhelést jelent.



A képet M. Jackson készítette az Image Creator via Copilot applikációval

Ref. 1: Ognard J, Barrat JA, Cotton F, Mian A, Kremer S, Sitoh YY, Verclytte S, Loffroy R, Tripier R, Alavi Z, Ben Salem D. A roadmap towards pollution prevention and sustainable development of Gadolinium. J Neuroradiol. 2021 Nov;48(6):409-411. doi: 10.1016/j.neurad.2021.08.002. Epub 2021 Sep 8. PMID: 34506855.

Ref. 2: Martino C, Byrne M, Roccheri MC, Chiarelli R. Interactive effects of increased temperature and gadolinium pollution in Paracentrotus lividus sea urchin embryos: a climate change perspective. Aquat Toxicol. 2021 Jan 21;232:105750. doi: 10.1016/j.aquatox.2021.105750. Epub ahead of print. PMID: 33529976.

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák





Fogyóanyagok: Helium

A héliumot számos iparágban használják, a világűr-kutatástól az időjárás-előrejelzésig, de a legnagyobb felhasználók a kórházak, amelyek 2021-ben a globális piac 32%-át tették ki. Egy tipikus MRI-berendezés körülbelül 2000 liter folyékony héliumot igényel, hogy a szupravezető mágneseket működéshez elég hidegen tartsa. Az eszköz élettartama alatt további utántöltésekre lehet szükség, hogy pótolják az elpárolgó és a légkörbe távozó héliumot.

A hélium nem üvegházhatású gáz, de a Föld egyik legritkább eleme, amely az urán vagy a tórium természetes radioaktív bomlása révén keletkezik a földkéregben. Ez a folyamat nagyon lassú, ami azt jelenti, hogy a Föld héliumkészlete véges és nem pótolható [ref 1].

Néhány MRI-készülék rendelkezik olyan egységgel, amely segít az elveszett hélium visszanyerésében és újrahasznosításában, de ez nem minden készülék esetében általános. A gyártók fejlesztenek alacsony hélium-felhasználású készülékeket is (az első ilyen típusú gépet az Egyesült Királyságban a londoni King's College-ban telepítették 2022-ben, amely kevesebb mint egy liter héliumot használ).



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Ígéretes kutatások folynak alacsony térerejű MRI-rendszerek fejlesztésében (melyek 0,25–1,0 T mágneses térerővel működnek, szemben a tipikus 1,5 T és 3,0 T készülékekkel). Ezek a rendszerek nem igényelnek héliumot, lényegesen kevesebb energiát fogyasztanak, és sokkal könnyebben telepíthetők a hagyományos készülékekhez képest. Jelenleg a képek minősége alacsonyabb, de remélhető, hogy az ilyen gépek keresztmetszeti képalkotási lehetőséget nyújtanak majd távolabbi közösségekben is [ref 2]. Ha a képminőség tovább javul, a csökkentett környezeti hatás felgyorsíthatja az ilyen rendszerek elterjedését.



Ref 1: Mary Henderson Keeping an eye on the potential shortage of helium for MRIs. RSNA News January 25,2023
<https://www.rsna.org/news/2023/january/helium-shortage-for-MRI>

Ref. 2: Hori M, Hagiwara A, Goto M, Wada A, Aoki S. Low-Field Magnetic Resonance Imaging: Its History and Renaissance. Invest Radiol. 2021 Nov 1;56(11):669-679. doi: 10.1097/RLI.0000000000000810. PMID: 34292257; PMCID: PMC8505165.



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Fogyóanyagok: Ultrahang kontrasztanyag



A kén-hexafluoridot (SF₆) kontrasztanyagként alkalmazzák ultrahang vizsgálatokban, többek között májléziók jellemzésére, trauma képalkotásra és gyermekeknél a vesico-ureteralis reflux (VUR) vizsgálatára. Ez az anyag jó biztonsági profilal rendelkezik, és értékes klinikai információkat nyújthat. Az ultrahang vizsgálatok során általában nagyon kis mennyiséget használnak.

Azonban az SF₆ az egyik legerősebb üvegházhatású gáz, becslések szerint 23 500-szor hatékonyabban tartja vissza az infravörös sugárzást, mint a CO₂. A globális használat halmozódó hatása ezen a területen egyre nagyobb aggodalomra ad okot. Az iparban az SF₆ fő felhasználási területe, és egyre növekvő mértékben, az elektromos szigetelőanyag, emlékeztetve arra, hogy még ha az egészségügyet működtető villamos energia megújuló forrásokból származik is, az elektromos infrastruktúra környezeti hatása még mindig jelentős lehet.



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Fogyóanyagok: egyéb

Számos kórház továbbra is “hard-copy” radiológiai leleteket állít elő papíralapú formában. Egy A4-es papírlap szén-dioxid-költségének becslése 4,5g és 60g között mozog [ref 1, ref 2]. Ha Angliában az összes radiológiai vizsgálathoz (43,3 millió) egyoldalas jelentést csatolnának, ez 195 000 kg és 2 598 000 kg közötti CO₂-kibocsátást eredményezne.

Bár az elektronikus leletkészítés megszünteti ezt a költséget, a leletek és képek adatainak tárolása továbbra is jelentős energiaköltséget jelent.

Az egyszer használatos intervenciós eszközök gyártása és ártalmatlanítása is költséges.

A leletező eszközök, beleértve a leletező munkaállomásokat, laptopokat, diktafonokat, monitorokat, tárgyalótermi projektorokat stb., nem igényelnek napi szintű cserét, de nem tartanak örökké, és gyártásuk és ártalmatlanításuk is szén-dioxid-költséggel jár.



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

► Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Ref. 1: Dias AC, Arroja L. Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint – case study of office paper. Journal of Cleaner Production 24 (2012): 30-35

Ref. 2: [Carbon Footprint of Paper vs Plastic vs Glass vs Cardboard \(Calculator\) \(8billiontrees.com\)](https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/carbon-ecological-footprint-calculators/carbon-footprint-of-paper-vs-plastic/) <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/carbon-ecological-footprint-calculators/carbon-footprint-of-paper-vs-plastic/>



Etikai megfontolások

Az orvosi etika négy alapelve:

1. **Jótekonyság** (a jó cselekvése)
2. **Ártalomkerülés** (nem ártani)
3. **Autonómia** (a beteg szabad döntési lehetőségének biztosítása, ha képes rá)
4. **Igazságosság** (a méltányosság biztosítása)

Míg történelmileg ezeket az alapelveket elsősorban egyedi etikai dilemmák megfontolására alkalmazták, a klímaválság korszakában szélesebb körben kell használnunk őket, hogy irányt mutassanak a gyakorlatunkban, és törekedjünk az orvosi képalkotás éghajlatra gyakorolt hatásának csökkentésére.

A fenntarthatóság és klímaigazságosság kérdéseivel kapcsolatban a 2. (Ártalomkerülés) és a 4. (Igazságosság) alapelvek különösen relevánsak. Ahogy néhány szerző rámutat, a klímaváltozás nemcsak etikai és igazságossági kérdés, hanem az emberi jogok kihívása is, mivel aránytalanul érinti a szegény és sebezhető egyéneket mind alacsony, mind magas jövedelmű országokban [ref 1, ref 2]. A klímaváltozás ismeretének terjesztése, az orvosi intézmények környezeti lábnyomának csökkentésének támogatása, valamint az egészséges életmódot népszerűsítő kampányok biztosítása, hogy azok a társadalom minden tagjához eljussanak, mind olyan kihívások, amelyek ránk várnak.



Ref. 1: Chapman AR, Ahmed AK. Climate Justice, Humans Rights, and the Case for Reparations. Health Hum Rights. 2021 Dec;23(2):81-94. PMID: 34966227; PMCID: PMC8694300

Ref. 2: Churchill LR, Henderson GE, King NMP. Why Climate Literacy Is Health Literacy. AMA J Ethics. 2024 Feb 1;26(2):E147-152. doi: 10.1001/amajethics.2024.147. PMID: 38306204.

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

► Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Etikai megfontolások: A betegségek megelőzése



Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) szerint a korai szívinfarktusok és stroke-ok 80%-a megelőzhető. Az egészséges étrend, a rendszeres fizikai aktivitás és a dohánytermékek mellőzése kulcsfontosságú a megelőzésben.

A WHO becslése szerint az összes rákos eset 30–50%-a megelőzhető. A legfontosabb kockázati tényezők a következők:

- Dohányzás
- Alkoholfogyasztás
- Rossz étrend
- Fizikai inaktivitás
- Fertőzések, mint a hepatitisz és a humán papillomavírus
- Környezeti szennyezés
- Munkahelyi rákkeltő anyagok
- Sugárzás (leggyakrabban a nap ultraibolya sugárzása)

Amikor tudjuk, hogy mi okozza a betegségek ilyen nagy arányát, minden eddiginél fontosabb, hogy nagyszabású megelőző kampányokra összpontosítsunk, amelyek a társadalom minden tagjához elérnek. Emellett a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése az orvosi gyakorlatban anélkül, hogy a betegellátást veszélyeztetnénk, komoly kihívást jelent a következő évtizedekben. Ez “nagyívű” gondolkodást igényel majd a jelenleg zajló, szerényebb mértékű szén-dioxid-csökkentési változtatások mellett, amelyeket a képalkotási gyakorlatban hajtanak végre.

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

▶ **Etikai megfontolások**

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Etikai megfontolások: A képalkotás további képalkotást szül



Az orvosi képalkotó vizsgálatok további vizsgálatokat generálhatnak. Egy képalkotó eljárás eredménye lehet bizonytalan, és javaslatot tehetnek egy alternatív vizsgálatra a részletesebb elemzés érdekében. Egy egyébként normális vizsgálat feltárhat olyan véletlen leleteket is, amelyek nem kapcsolódnak a klinikai tünetekhez, de további képalkotást javasolnak miattuk. A szülés előtti képalkotás például olyan veleszületett elváltozásokat tárhat fel, amelyek korábban soha nem zavarták volna a beteget, de most jellemzően többszöri utánkövetést igényelnek.

A képalkotási protokollokat történelmileg defenzív medicolegális megfontolások alapján alakították ki – „biztonságosabbnak” tekintik egy követő vizsgálat (vagy akár több vizsgálat) elrendelését, hogy kizárják az esetlegesen rosszindulatú elváltozásokat.

Az éghajlatváltozásra gyakorolt hatás tükrében, ideje lenne megszüntetni a „megnyugtatógramot”?

A szerencsétlen, bár megjegyezhető „VOMIT” (Victim of Medical Imaging Technology) rövidítést 2003-ban alkották meg, hogy leírják azokat a személyeket, akiket túlzottan kivizsgálunk a képalkotó eljárások (különösen a keresztmetszeti képalkotások, mint a CT és MRI) hamis vagy incidentális leletei alapján. A klímaválság korszakában érdemes figyelembe venni a „VOMITING” (Victims of Medical Imaging Technology – International / Global) fogalmát is, amely olyan embereket jelöl, akik légszennyezés vagy a globális felmelegedés hatásai miatt szenvednek, még akkor is, ha esetleg távol esnek attól az országtól, ahol a képalkotás történt.

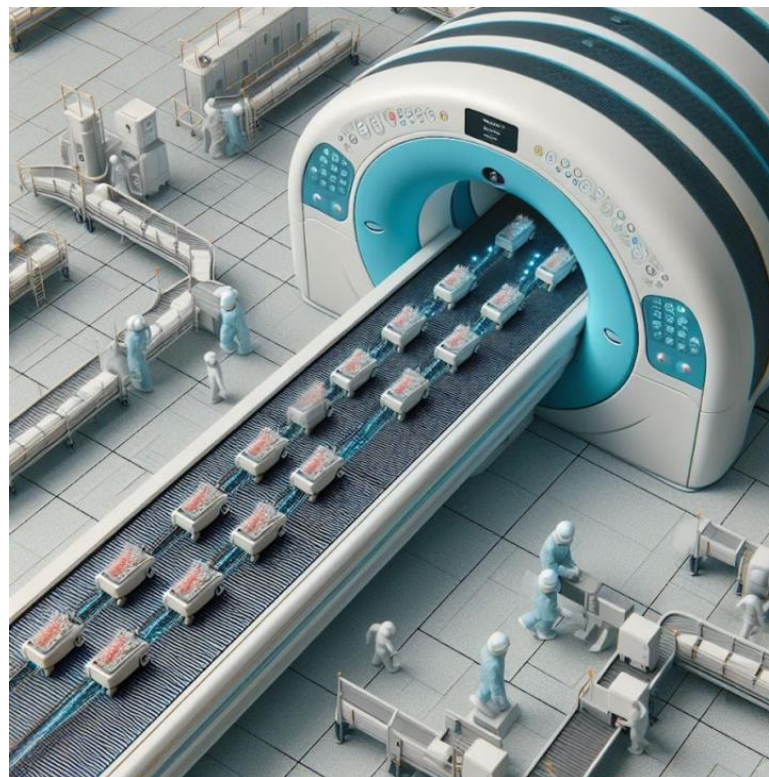


Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

► Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Etikai megfontolások: Elkerülni az apokaliptikus halálspirált



A magas erőforrás-igényű orvosi képalkotás, mesterséges intelligencia és nagy pontosságú egészségügyi adatkezelés látszólag megállíthatatlan növekedése aggasztó trend mind környezeti, mind egészségügyi költségek szempontjából. Egyre több képalkotó vizsgálatot végeznek, de egyes esetekben ezek csökkenő hozadékat mutatnak.

Elérkezett az idő, hogy átgondoljuk, vajon az egészségügyi erőforrásokat inkább az egészség előmozdítására és a betegségek megelőzésére kellene-e fordítani, ahelyett hogy főként magas energiaigényű szkennerekre támaszkodnánk a betegségek rendkívül részletes megjelenítéséhez.

Mint pályafutásuk korai szakaszában járó egészségügyi szakemberek, Önök kulcsszerepet játszanak majd abban, hogyan alakul az ellátás módja az elkövetkező években. Részt vesznek abban, hogy formálják ezeket a vitákat? Találhatunk olyan megoldásokat, amelyek lehetővé teszik, hogy a rendkívüli képalkotó technológia valódi előnyt nyújtson a betegek számára anélkül, hogy hozzájárulna a környezeti katasztrófához?



Image created by M. Jackson using Image Creator via Copilot App

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

► Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



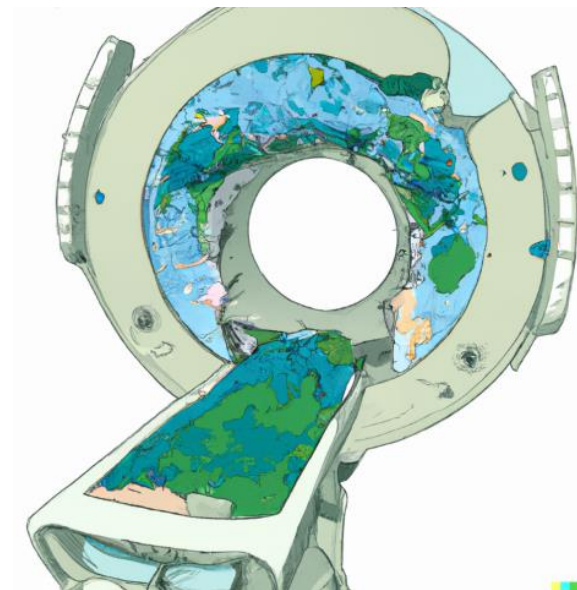
Legfontosabb üzenetek

Az orvosi képalkotás jelentős energiafogyasztása és jelentős mennyiségű hulladéka – különösen a kontrasztanyagok, fogyóeszközök és berendezések ártalmatlanítása révén – környezeti hatással bír. Így az orvosi képalkotás is hozzájárul a klímaváltozáshoz.

Egészségügyi szakemberként etikai kötelességünk biztosítani, hogy gyakorlatunk biztonságos legyen, felelősségteljesen használjuk az erőforrásokat, és minimalizáljuk az orvosi képalkotás környezeti hatását, miközben – ezzel párhuzamosan – optimális betegellátást nyújtunk.

A radiológiai osztályok folyamatosan felülvizsgálják és módosítják gyakorlatukat a hulladékcsökkentés és a felesleges képalkotás megszüntetése érdekében. Emellett az új képalkotási technikák bevezetése ígéretes lehetőséget jelent a fenntarthatóság javítására, miközben pontos diagnosztikai információkat szolgáltat.

Az orvostudomány és a társadalom szintjén szélesebb körű vitára is szükség van az egészségügyi ellátás módjáról. A megelőzhető betegségek okainak kezelése prioritást kell élvezzen a magas erőforrás-igényű, utólagos beavatkozásokkal szemben. Az egészségügyi szakemberek következő generációjának fontos szerepe lesz e változás előmozdításában.



Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

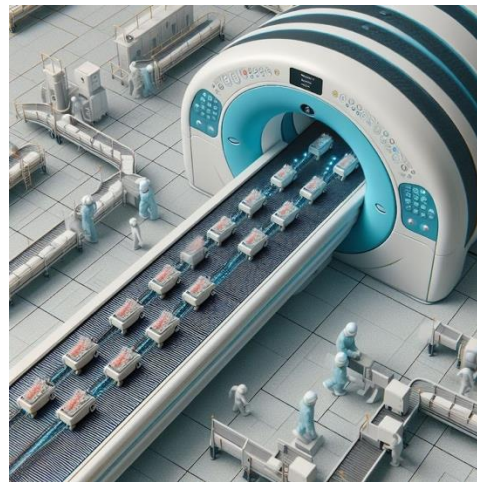
Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

▶ **Fontos üzenetek**

Teszteld a tudásod

Referenciák



Teszteld a tudásod



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

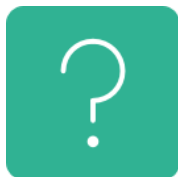
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

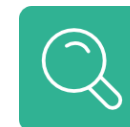


Teszteld a tudásod



1 – Megközelítőleg hány korai haláleset tulajdonítható világszerte az orvosi képalkotáshoz kapcsolódó szennyezésnek évente?

- 60
- 6000
- 60,000
- 60,000,000



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

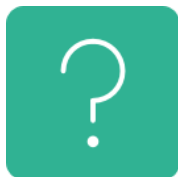
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

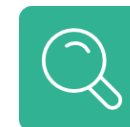


Teszteld a tudásod



1 – Megközelítőleg hány korai haláleset tulajdonítható világszerte az orvosi képalkotáshoz kapcsolódó szennyezésnek évente?

- 60
- 6000
- ✓ 60,000
- 60,000,000



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

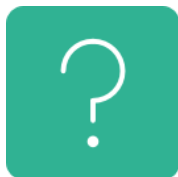
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

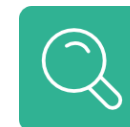


Teszteld a tudásod



2 – Egy nemrégiben készült tanulmány szerint 2020-ban mennyi jódos kontrasztanyag került Németországból Hollandiába a Rajna folyón keresztül?

- 7.1 kg
- 710kg
- 7.1 tonna
- 71 tonna



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

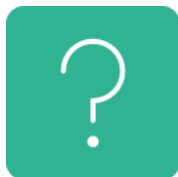
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

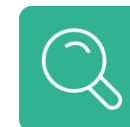


Teszteld a tudásod



2 – Egy nemrégiben készült tanulmány szerint 2020-ban mennyi jódos kontrasztanyag került Németországból Hollandiába a Rajna folyón keresztül?

- 7.1 kg
- 710kg
- 7.1 tonna
- ✓ 71 tonna



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

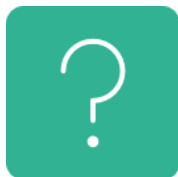
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

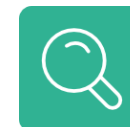


Teszteld a tudásod



3– Melyik képalkotó modalitásnak van jellemzően a legmagasabb szénlábnyoma vizsgálatonként?

- Röntgen
- Ultrahang
- CT
- MRI



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

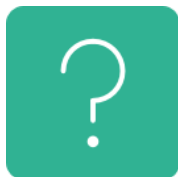
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák



Teszteld a tudásod



3– Melyik képalkotó modalitásnak van jellemzően a legmagasabb szénlábnyoma vizsgálatonként?

- Röntgen
- Ultrahang
- CT
- ✓ MRI

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

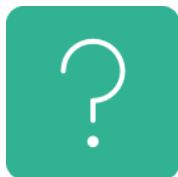
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

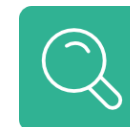


Teszteld a tudásod



4– A kén-hexafluorid egy erős üvegházhatású gáz, amelyet kontrasztanyagként használnak ultrahangban. A szén-dioxiddal összehasonlítva milyen erős az üvegházhatása?

- 23x
- 230x
- 2300x
- 23000x



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

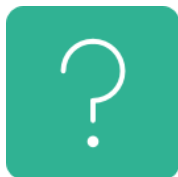
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

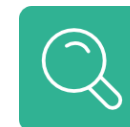


Teszteld a tudásod



4– A kén-hexafluorid egy erős üvegházhatású gáz, amelyet kontrasztanyagként használnak ultrahangban. A szén-dioxiddal összehasonlítva milyen erős az üvegházhatása?

- 23x
- 230x
- 2300x
- ✓ 23000x



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

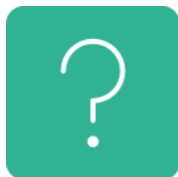
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

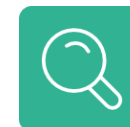


Teszteld a tudásod



5– Melyek a fenntartható egészségügy négy alapelve?

- Kifogáskeresés, Beteg önellátás, Takarékos szolgáltatás, Alacsony szén-dioxid-kibocsátás
- Megelőzés, Beteg önellátás, Takarékos szolgáltatás, Alacsony szén-dioxid-kibocsátás
- Megelőzés, Beteg önkárosítás, Takarékos szolgáltatás, Alacsony szén-dioxid-kibocsátás
- Megelőzés, Beteg önellátás, Késleltetett szolgáltatás, Alacsony autóhasználat



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

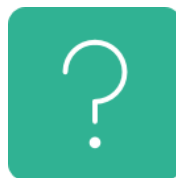
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

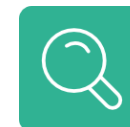


Teszteld a tudásod



5– Melyek a fenntartható egészségügy négy alapelve?

- Kifogáskeresés, Beteg önellátás, Takarékos szolgáltatás, Alacsony szén-dioxid-kibocsátás
- ✓ Megelőzés, Beteg önellátás, Takarékos szolgáltatás, Alacsony szén-dioxid-kibocsátás
- Megelőzés, Beteg önkárosítás, Takarékos szolgáltatás, Alacsony szén-dioxid-kibocsátás
- Megelőzés, Beteg önellátás, Késleltetett szolgáltatás, Alacsony autóhasználat



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

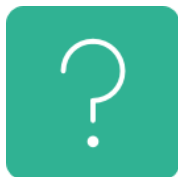
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

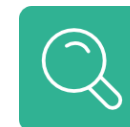


Teszteld a tudásod



6– Mely orvosi etikai elvek különösen relevánsak a klímaválság szempontjából?

- Filantrópia és jótékonyság
- Bölcsesség és mértékletesség
- Igazságosság és ártalomkerülés
- Büszkeség és balítélet



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

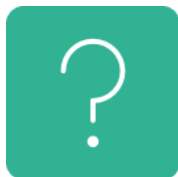
Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák

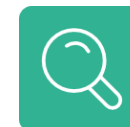


Teszteld a tudásod



6– Mely orvosi etikai elvek különösen relevánsak a klímaválság szempontjából?

- Filantrópia és jótékonyság
- Bölcsesség és mértékletesség
- Igazságosság és ártalomkerülés
- Büszkeség és balítélet



Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

▶ **Teszteld a tudásod**

Referenciák



Referenciák

- Page 8:
 - Ref 1: https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1
 - Ref 2:: Climate-Smart Healthcare: Low-carbon and Resilience Strategies for the Health Sector. World Bank 2017
 - Ref 3:[Sustainability in Health Care](#). Howard Hu, Gary Cohen, Bhavna Sharma, Hao Yin, Rob McConnell. Annual Review of Environment and Resources 2022 47:1, 173-196. <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-environ-112320-095157>
- Page 10:
 - Ref 1 Picano E, Mangia C, D'Andrea A. Climate Change, Carbon Dioxide Emissions, and Medical Imaging Contribution. J Clin Med. 2022 Dec 27;12(1):215. doi: 10.3390/jcm12010215. PMID: 36615016; PMCID: PMC9820937.
 - Ref 2 The Lancet Digital Health. Curbing the carbon footprint of health care. Lancet Digit Health. 2023 Dec;5(12):e848. doi: 10.1016/S2589-7500(23)00229-7. PMID: 38000867.
 - Ref 3 Lelieveld J, Haines A, Burnett R, Tonne C, Klingmüller K, Münzel T et al. Air pollution deaths attributable to fossil fuels: observational and modelling study BMJ 2023; 383 :e077784 doi:10.1136/bmj-2023-077784
- Page 11:
 - Mortimer F. The sustainable physician. Clin Med (Lond). 2010 Apr;10(2):110-1. doi: 10.7861/clinmedicine.10-2-110. PMID: 20437974; PMCID: PMC4952075.
- Page 13:
 - Schöckel L, Jost G, Seidensticker P, Lengsfeld P, Palkowitsch P, Pietsch H. Developments in X-Ray Contrast Media and the Potential Impact on Computed Tomography. Invest Radiol. 2020 Sep;55(9):592-597. doi: 10.1097/RLI.0000000000000696. PMID: 32701620.
- Page 14:
 - McAlister S, McGain F, Petersen M, Story D, Charlesworth K, Ison G, Barratt A. The carbon footprint of hospital diagnostic imaging in Australia. Lancet Reg Health West Pac. 2022 May 3;24:100459. doi: 10.1016/j.lanwpc.2022.100459. PMID: 35538935; PMCID: PMC9079346.
 - Woolen SA, Becker AE, Martin AJ, Knoerl R, Lam V, Folsom J, Eusemann C, Hess CP, Deshpande V. Ecodesign and Operational Strategies to Reduce the Carbon Footprint of MRI for Energy Cost Savings. Radiology. 2023 May;307(4):e230441. doi: 10.1148/radiol.230441. Epub 2023 Apr 25. Erratum in: Radiology. 2023 Jul;308(1):e239020. PMID: 37097133.

Bevezetés

Háttér

A fenntartható
egészségügy négy
alapköve

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

► Referenciák



Referenciák

- Page 15:
 - The NHS: Carbon Footprint Faculty of Public Health Special Interest Group document 2020 <https://www.fph.org.uk/media/3126/k9-fph-sig-nhs-carbon-footprint-final.pdf>
- Page 16
 - Yakar D, Kwee TC. Carbon footprint of air travel to international radiology conferences: FOMO? Eur Radiol. 2020 Nov;30(11):6293-6294. doi: 10.1007/s00330-020-06988-2. Epub 2020 Jun 10. PMID: 32518990; PMCID: PMC7283036.
- Page 17:
 - de Vries, The growing energy footprint of artificial intelligence, Joule (2023), <https://doi.org/10.1016/j.joule.2023.09.004>
 - Energy consumption of ICT. UK Parliament Research Briefing (2022) POSTNOTE Number 677, September 2022
 - David Patterson Google Research February 15 ,2022 [Good News About the Carbon Footprint of Machine Learning Training \(research.google\)](https://research.google)
- Page 18:
 - Ref 1: Rizan C, Reed M, Bhutta MF. Environmental impact of personal protective equipment distributed for use by health and social care services in England in the first six months of the COVID-19 pandemic. J R Soc Med. 2021 May;114(5):250-263. doi: 10.1177/01410768211001583. Epub 2021 Mar 16. PMID: 33726611; PMCID: PMC8150566.
 - Ref. 2: Bennett R, Maraka J. Healthcare should not cost us the Earth BMJ 2020; 371 :m4289 doi:10.1136/bmj.m4289.
 - Ref 3: WHO News Release, 3 March 2020 <https://www.who.int/news/item/03-03-2020-shortage-of-personal-protective-equipment-endangering-health-workers-worldwide>
- Page 19:
 - Ref. 1: Dekker HM, Stroomberg GJ, Prokop M. Tackling the increasing contamination of the water supply by iodinated contrast media. Insights Imaging. 2022 Feb 24;13(1):30. doi: 10.1186/s13244-022-01175-x. PMID: 35201493; PMCID: PMC8873335.
 - Ref. 2: Sengar A, Vijayanandan A (2021) Comprehensive review on iodinated X-ray contrast media: complete fate, occurrence, and formation of disinfection byproducts. Sci Total Environ 769:144846. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144846>

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapköve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

► **Referenciák**



Referenciák

- Page 21:
 - Ref. 1: Ognard J, Barrat JA, Cotton F, Mian A, Kremer S, Sitoh YY, Verclytte S, Loffroy R, Tripier R, Alavi Z, Ben Salem D. A roadmap towards pollution prevention and sustainable development of Gadolinium. J Neuroradiol. 2021 Nov;48(6):409-411. doi: 10.1016/j.neurad.2021.08.002. Epub 2021 Sep 8. PMID: 34506855.
 - Ref. 2: Martino C, Byrne M, Roccheri MC, Chiarelli R. Interactive effects of increased temperature and gadolinium pollution in Paracentrotus lividus sea urchin embryos: a climate change perspective. Aquat Toxicol. 2021 Jan 21;232:105750. doi: 10.1016/j.aquatox.2021.105750. Epub ahead of print. PMID: 33529976.
- Page 22
 - Ref 1: Mary Henderson Keeping an eye on the potential shortage of helium for MRIs. RSNA News January 25,2023 <https://www.rsna.org/news/2023/january/helium-shortage-for-MRI>
 - Ref. 2: Hori M, Hagiwara A, Goto M, Wada A, Aoki S. Low-Field Magnetic Resonance Imaging: Its History and Renaissance. Invest Radiol. 2021 Nov 1;56(11):669-679. doi: 10.1097/RLI.0000000000000810. PMID: 34292257; PMCID: PMC8505165.
- Page 24:
 - Ref. 1: Dias AC, Arroja L. Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint – case study of office paper. Journal of Cleaner Production 24 (2012): 30-35
 - Ref. 2: Carbon Footprint of Paper vs Plastic vs Glass vs Cardboard (Calculator) (8billiontrees.com) <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/carbon-ecological-footprint-calculators/carbon-footprint-of-paper-vs-plastic/>
- Page 25:
 - Ref. 1: Chapman AR, Ahmed AK. Climate Justice, Humans Rights, and the Case for Reparations. Health Hum Rights. 2021 Dec;23(2):81-94. PMID: 34966227; PMCID: PMC8694300
 - Ref. 2: Churchill LR, Henderson GE, King NMP. Why Climate Literacy Is Health Literacy. AMA J Ethics. 2024 Feb 1;26(2):E147-152. doi: 10.1001/amajethics.2024.147. PMID: 38306204.

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

► **Referenciák**



További források

- <https://www.rsm.ac.uk/latest-news/2021/climate-change-series-resources-on-health-and-climate-change/>
- [fastfacts-what-is-climate-change.pdf \(un.org\)](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/fastfacts-what-is-climate-change.pdf) <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/fastfacts-what-is-climate-change.pdf>
- [fastfacts-health.pdf \(un.org\)](https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/08/fastfacts-health.pdf) <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021/08/fastfacts-health.pdf>
- [Climate change \(who.int\)](https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1) https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

Képalkotó modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

▶ **Referenciák**



Köszönetnyilvánítás

Dr. Andreea Cirlig, Dr. Heleen Dekker and Dr. Sarah Sheard (Korrektúra és javaslatok).
Prof. Minerva Becker (szerkesztés).
Dr. Shauna Golden and Dr. Kate Mitchell, Sustainability Fellows, NHS Lothian (források).
Natalia Colorado-Prieto (adminisztratív segítség).

Michael Jackson

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapköve**

Képképző modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák



Szerzői nyilatkozat

Minden felhasznált anyag (beleértve a szellemi tulajdont és az illusztrációs elemeket) vagy a szerzőktől származik, vagy a szerzők jogosultak voltak az anyag felhasználására az alkalmazandó jogszabályok szerint, vagy átruházható licencet kaptak a szerzői jog tulajdonosától.

Bevezetés

Háttér

**A fenntartható
egészségügy négy
alapkőve**

Képkalkuló modalitások

További energiaköltségek

Fogyóanyagok

Etikai megfontolások

Fontos üzenetek

Teszteld a tudásod

Referenciák