



Ionizáló sugárzások hatása optikai anyagok áteresztőképességére

Diplomaterv feladat

Készítette:

Kondor Gergely

Témavezető:

Nagy Balázs Vince

Tudományos munkatárs,

Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék

Konzulens:

Dr. G Szabó István

Ügyvezető igazgató,

OPTIKA Mérnökiroda Kft.

BUDAPEST, 2009.



DIPLOMATERV KIÍRÁS



DIPLOMATERV KIÍRÁS

Nyilatkozat

Alulírott **Kondor Gergely** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója kijelentem, hogy ezt a diplomatervet meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a diplomatervben csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, amelyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból vettem, egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem.

.....

Kondor Gergely (T0O9Z0)

Tartalomjegyzék

nem kell kettőspont
a címek után

Bevezetés.....	- 5 -
1. Abstract.....	- 6 -
2. A kísérlet célja	- 7 -
3. Elektromágneses sugárzások:	- 8 -
3.1. Gamma-sugárzás alkalmazásai:.....	- 10 -
3.2. Sugárzás és anyag kölcsönhatása:	- 10 -
4. Dozimetria.....	- 11 -
4.1. Számítási alapismeretek, a dózis fogalma	- 11 -
5. Ionizáló sugárzások fizikai hatásai optikai anyagokra:.....	- 13 -
5.1. Polimerizáció és polimerbesugárzás:.....	- 13 -
5.2. Üvegek, mint szilárd, szervesetlen anyagok besugárzása:.....	- 14 -
6. Kísérlet megtervezése és kivitelezése:	- 16 -
7. Kísérlet eredményeinek feldolgozása	- 28 -
7.1. Doziméterek kiértékelése:	- 28 -
7.2. Transzmissziómérés értékelése.....	- 28 -
7.3. Hőkezelések kiértékelése.....	- 29 -
8. Kísérlet során mért adatok kiértékelése	- 32 -
8.1. BK7 típusú üveg vizsgálata	- 33 -
8.2. SF4 típusú üveg vizsgálata	- 35 -
8.3. K108 típusú üveg vizsgálata.....	- 37 -
8.4. F101 típusú üveg vizsgálata	- 39 -
8.5. Kvarc minták vizsgálata	- 42 -
8.6. BG28 típusú minták vizsgálata.....	- 44 -
8.7. NG3 típusú minták vizsgálata.....	- 46 -
8.8. OG530 típusú minták vizsgálata.....	- 48 -
8.9. KG3 típusú minták vizsgálata.....	- 50 -
8.10. HEG3 típusú üvegek vizsgálata	- 51 -
8.11. RG700 típusú minták vizsgálata	- 53 -
9. Konklúzió, további kutatási célok.....	- 56 -
10. Köszönet nyilvánítás	Error! Bookmark not defined.
11. Felhasznált irodalom	- 58 -
13. Mellékletek:.....	- 59 -

Bevezetés

anyagok

tette aktuálissá,
hogy

Diplomatervem célja, hogy mérhető információkat kapjunk az optikai elemek tulajdonságainak változásáról, ha azokat gammasugárzás után hőkezelés éri. A diplomaterv kiírását az fogalmazta meg, hogy korábban besugárzott üvegminták szobahőmérsékleten 3 év elteltével megváltoztatták színüket, kivilágosodtak. Ennek megfelelően méréseket kell végezni az új üvegmintákon a besugárzás előtt és után, valamint a hőkezelés előtt és után, hogy láthassuk a változások mértékét.

Egyes fejezetek rövid összefoglalója található az alábbi leírásban:

3.fejezet: Megismerkedünk a kísérlet céljával, fontosságával

4.fejezet: Áttekintést kapunk az elektromágneses sugárzásokról, részletesebben elemezzük a gammasugárzás hatásait, illetve előfordulását

5.fejezet: Sugárzásmérés technológiájának áttekintése

6.fejezet: Megismerkedünk a gammasugárzások hatásával polimerek, illetve üvegek esetén

7.fejezet: A kísérlet során előforduló döntések elemzése, illetve magának a kísérletnek a leírása. Előzetes tervek alapján kifejtem a kísérletet lépésről lépésre.

8.fejezet: A vizsgálat során használt eszközök kiértékelése, doziméter, hőkezelés, spektrofotométer

9.fejezet: Üvegmintákon mért transzmisszió kiértékelése

10.fejezet: Következtetések, és javaslatok további kutatási célokra

1. Abstract

Im Folge von Strahlung verlaufen unterschiedliche Änderungen in den unterschiedlichen Stoffen. Ionisierende Strahlung kommt am häufigsten bei Atomkraftwerken und in dem Weltall vor. Die sind die Stellen, wo die qualitative Veränderung der benutzten Stoffe nicht erlaubt ist. Einerseits wegen der Sicherheitsmaßnahmen, anderseits wegen der schweren und kostbaren Instandhaltung. Zur Beobachtung dieser Prozesse werden optische Systeme (CCD Kamera, Linse) gebraucht. Zu diesen Systemen werden am häufigsten verschiedene Gläser benutzt. Das Glas verliert durch Gammabestrahlung einen Teil seiner Transmissionsfähigkeit, abhängig von der Stoffzusammensetzung und der Dose der Bestrahlung. Das heißt, die Gläser verdunkeln sich. Bei bestimmten Funktionen ist dieser Fehler nicht erlaubt. Mit der Auswahl der entsprechenden Baumaterialien können die Strahlenschädigung und die Instandhaltungszeit reduziert werden. Diese Faktoren sind bei einem Atomkraftwerk sehr bedeutsam. Optische Stoffe, hauptsächlich die Gläser, verändern ihre Farbe auch bei einer niedrigen Gammabestrahlung, sie mattieren und verdunkeln sich. Während der Wärmebehandlung gewinnen diese Gläser ihre originale Transmissionsfähigkeit zurück. Die Schwärzung ist teils oder im Ganzen reversibel, es hängt von den Parametern der Wärmebehandlung ab. Diese Arbeit untersucht die Wirkungen dieser Wärmebehandlung.

2. A kísérlet célja

Az ekkor ...

Korábbi tanulmány [1] során megvizsgálták különböző típusú üvegek transzmissziójának változását gammasugárzás hatására. Ekkor besugárzott üvegek a közel három év szobahőmérsékletű tárolása során szabad szemmel is láthatóan kivilágosodtak. Innen jött a vizsgálat célja, hogy besugározzunk újra különböző üvegeket és most a károsodás visszaállítását kísérjük meg kimelegítés útján.

ill. a korábban
besugárzott
üvegek
kimelegítése/
vizsgálata

Az elektromágneses

3. Elektromágneses sugárzások:

legfontosabb

Sugárzások, mint hullám jelenségek a következő tulajdonságokkal bírnak:[8]

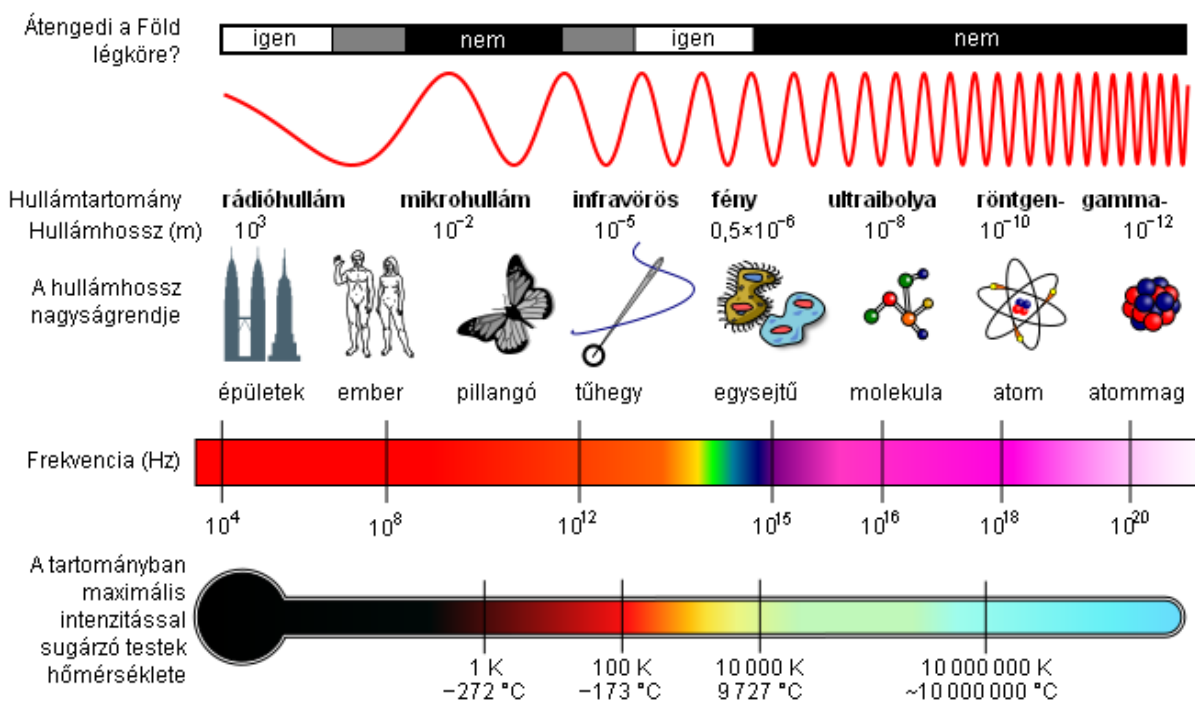
- hullámhossz: jele: λ ; SI mértékegysége: m
- frekvencia: jele: f ; SI mértékegysége: Hz
- terjedési sebesség: jele: v ; SI mértékegysége: m/s

Az elektromágneses...

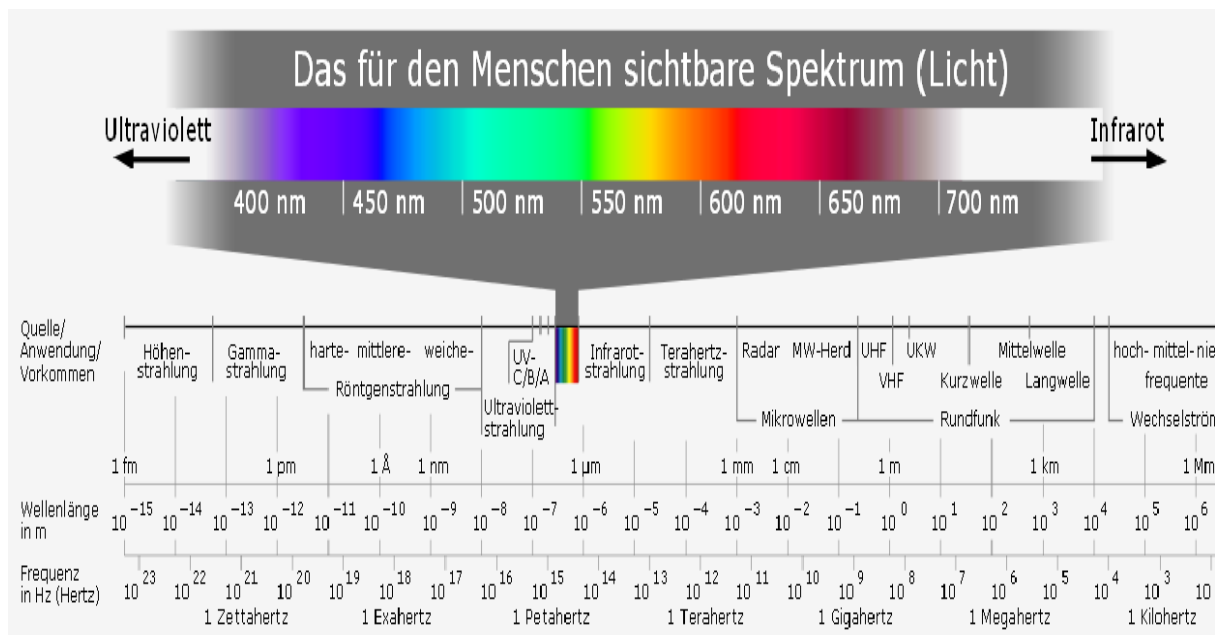
E három tulajdonság között a következő összefüggés áll fent: $v = f \cdot \lambda$

Sugárzások egy része természetes, például a kozmikus sugárzás, másik, talán nagyobb része mesterségesen előállított, akár a rádióhullámokra akár a maghasadás során létrejövő α -, β - és γ -sugárzásra gondolunk.

Másik csoportosításuk szerint vannak ionizáló sugárzások, melyek a velük kölcsönhatásba lépő anyagokat úgy roncsolják, hogy abban elektromos töltéssel rendelkező részeket (többnyire elektront) löknek ki, ilyen a radioaktív, gamma és a röntgensugárzás. És vannak a nem-ionizáló sugárzások, melyek energiája az előzőeknél kisebb, ilyen a rádió- és mikrohullámok. Mivel a diplomadolgozat során használt sugárzás csak az ionizáló, gamma-sugárzásra korlátozódik, ezért a továbbiakban csak erről fogok részletesebb leírás adni.

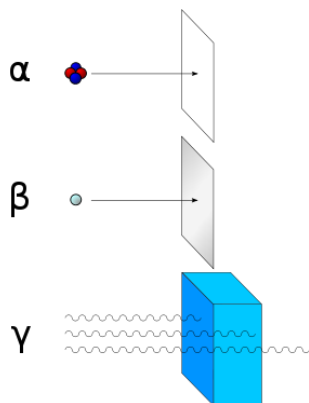


1. ábra Elektromágneses hullámok szemléltetése



2. ábra Az elektromágneses sugárzás hullámhossz tartományai, kiemelve az ember számára látható spektrumot [9]

A gamma-sugárzás annyiban különleges az alfa- és béta-sugárzásokhoz képest, hogy nem változtatja meg az atommag összetételét, csak annak állapotát. A radioaktív gamma-sugárzás mindig alfa- vagy béta-bomlás után, illetve azzal egy időben következik be. Sok esetben ugyanis a bomlás után a keletkezett új mag gerjesztett állapotban marad. A gerjesztett állapot energiatöbbletét aztán azonnal, vagy hosszabb idő után elektromágneses sugárzás formájában adja le. Ez a sugárzás a gamma sugárzás.



A gamma sugárzás töltéssel nem rendelkezik, ezért áthatoló-képessége igen nagy, roncsoló képessége azonban kisebb a többi sugárzásénál. Külső sugárforrásként azonban mégis a gamma-források a legveszélyesebbek, mivel leárnýékolásukhoz vastag ólom vagy beton réteg szükséges.[10] A γ -sugárzás, mint elektromágneses sugárzás hasonló jelenség, mint a látható fény. A különbség csupán abban áll, hogy energiája akár milliószorosa is lehet a látható fényrészekkének.

A gyakorlatban alkalmazott γ -sugárzókat szinte kizárólag atomreaktorban, neutronbefogással állítják elő (pl. ^{60}Co) vagy a fűtőelemek feldolgozása során a hasadványtermékek közül választják el (^{137}Cs)

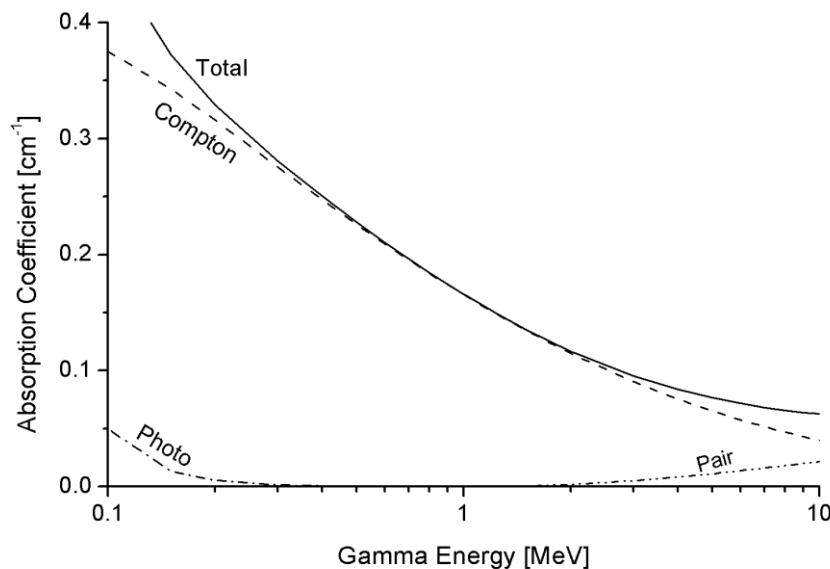
3.1. Gamma-sugárzás alkalmazásai:

- sterilizálás
- terápia – rákos daganatok eltávolítása
- radiológia – radioaktív izotópok nyomon követése a szervezetben
- gamma radiográfia – roncsolásmentes anyagvizsgálat, átvilágítás, hibakeresés
- elem analízis – karakterisztikus gamma fotonok segítségével

3.2. Sugárzás és anyag kölcsönhatása:

A gamma-sugárzás három módon lép kölcsönhatásba az anyaggal:

- Fotoeffektus (fényelektromos hatás) – egy atom elektronhéja elnyeli a fotont. E foton energiája teljesen egy elektron energiájává alakul át, amely gerjesztett állapotba kerül vagy elhagyja az atomot.
- Compton-szórás a foton rugalmatlan szóródása egy szabad, illetve gyengén kötött elektronon. Ez esetben a foton energiájának csak egy részét adja át az elektronnak.
- Párképződés – elektron-pozitron pár képződhet, ha a foton energiája meghaladja az 1,02 MeV-t (az elektron – pozitron pár nyugalmi tömege)



3. ábra

nem látom a hivatkozást a szövegben az ábrára

Az alumínium abszorpciós koefficiense. Látható, hogy kisebb energiákon a Compton effektus, míg nagy energiákon a párképződés dominál.

4. Dozimetria

A sugárvédelem egyik fontos feladata, hogy rendszeres mérésekkel ellenőrizze a dolgozókat ért sugárterhelést, a munkahelyen belüli és a környezetbe kikerülő radioaktív szennyeződések mértékét. A személyi sugárvédelem feladata, hogy a radioaktív sugárforrásokkal dolgozó személyek részére olyan munkafeltételeket biztosítson, hogy ne érje őket károsodás. Tökéletes védelem elvileg sincs, ezért arra kell törekedni, hogy a besugárzás a dóziskorlát alatt maradjon. Ehhez azonban mérni kell az egyes személyek által kapott dózist. A különféle sugárzások által az anyagokban, illetve élő testben elnyelt energiamennyiség mérési módszereivel a dozimetria foglalkozik. A sugárterhelés mérésére különböző eszközök állnak rendelkezésre:

- Ionizációs kamra elvén működő dózismérők
 - Töltőtoll doziméter:
 - Gyűszű ionizációs kamra:
- Film-dózismérők
- Termolumineszcens dózismérők

4.1. *Számítási alapismeretek, a dózis fogalma*

A nagyenergiájú sugárzás azáltal fejt ki káros hatást, hogy ionokat kelt. Az ionok sűrűsége lényegében a sugárzás által egységnyi tömegű anyagban leadott ionizációs energiával arányos.

- A D dózis egysége $1 \text{ Gy} = 1 \text{ gray} = 1 \text{ J}$ ionizációs energia kilogrammonként, azonban ilyen nagy dózis nagyon ritkán fordul elő a természetben, ezért inkább az 1 mGy használatos.
- A dózis mellett azonban használatos - és a valósághoz leginkább közel álló mértékegység - a H hatásos dózis, vagy dózisegyenérték. Ezt a mértékegységet azért kellett bevezetni, mivel a különböző sugárzástípusok különböző mértékben fejtik ki hatásukat az anyagokra. Számítása az alábbi egyszerű képlettel történik: $H = Q * D$, ahol H a dózisegyenérték, D a dózis, Q pedig a minőségfaktorkoefficiens, ez határozza meg a sugárzás valódi mértékét, hatásosságát. Az

alábbi táblázatban összefoglalva látható a Q értéke sugárzás, illetve részecske típusokra. A dózisegyenérték mértékegysége 1 Sv (sievert) = 1 J/kg

Q = 1	Röntgen, gamma és béta sugárzás esetén
Q = 2	Lassú neutronokra
Q = 10	Gyors neutronokra
Q = 20	Alfa-részecskékre, maghasadás termékeire

1. táblázat Kvalitásfaktor (Q) egyes értékeihez tartozó sugárzás típusok

- Régen a *dózis* egységeként a *rad* volt használatos, ami a gray századrésze: 1 rad = 0,01 Gy = 10 mGy. A hatásos dózis régi egysége 1 rem = 0,01 Sv . Használták még a *besugárzási dózis* fogalmát is, ami a keltett ionok mennyiségét tekinti fontosnak. A besugárzási dózis az ionizációval keltett töltéssel jellemezhető, egysége 1 Coulomb/kg. Régi egysége 1 R = 1 röntgen $\approx 0,0005$ Coulomb/kg volt. Továbbá mérésekkel bizonyított, hogy levegőben 1 R = 8,69mGy = 0,00869Gy

Dózis, Gy	Hatás
0,003	Az embert érő átlagos éves háttérsugárzás dózisa
0,020	Foglalkozási éves dózis korlát
3,54	50%-os túlélési határ emberre
10^3 - 10^5	50% -os túlélési dózis vírusokra
$2,5 \times 10^4$	Sterilizálási dózis minimuma
10^4 - 10^5	Térhálósítási-felületkezelési dózis polimerekben
10^7	Űrhajók felületén 30 év alatt akkumulálódó dózis

5. Ionizáló sugárzások fizikai hatásai optikai anyagokra:

5.1. Polimerizáció és polimerbesugárzás:

A nagyenergiájú ionizáló sugárzásokat széleskörűen használják a polimerizáció iniciálására, illetve polimerek módosítására. A sugárforrások létesítésének nagy költségigénye – mint hátrány – mellett, a sugárzásos iniciálás előnyei a hagyományos módszerekkel szemben a következők:

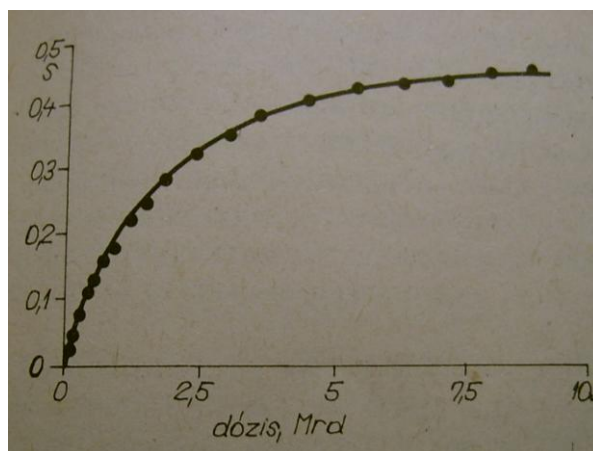
- A végterméket nem szennyezik „idegen anyagok”
- Az iniciálási sebesség széles tartományban tetszőlegesen megválasztható
- Az iniciálási sebesség gyakorlatilag hőmérséklet független
- Nem kell tartani attól, hogy a felszabaduló hő miatt, a reakció „megfut”
- Gyakran steril végtermék jön létre, amely orvos-biológiai szempontból rendkívül előnyös

A polimerizáció folyamata általában három lépésből áll: ezek az iniciálás, láncnövekedés (propagáció) és a lánczárás. A sugárzásos polimerizáció során az iniciálási fázisba avatkozunk be azáltal, hogy töltéssel nem rendelkező és töltött, nagyon reaktív részecskéket egyaránt vihetünk a rendszerbe. Az, hogy melyik fog dominálni, a monomer tulajdonságaitól, az oldószer milyenségétől és esetleg az adalékoktól függ.

Nagy energiájú sugárzás hatása, g-, röntgen-, elektron-, neutron-, ionsugárzásnak a műanyagokra (ill. azok polimer alkotórészére) hatása nagymértékben függ attól, hogy a sugárzás az anyagot oxigén jelenlétében (levegőn) vagy oxigén távollétében (semleges atmoszférában vagy vákuumban) éri-e. A szervesetlen töltőanyagot is tartalmazó fenolformaldehid-gyanta levegőn is ellenálló; oxigén kizárásával a polisztirol, az epoxigyanta, a telítetlen poliésztergyanta, a polietilén is. A nagyenergiájú sugárzások hatására a polimerek részében térhálósodnak, részben degradálódnak. A polietilénnek nagyenergiájú sugárzással való térhálósítását hőállóságuk növelésére hasznosítják pl. a kábelgyártásban. A nagyenergiájú sugárzások hatásának viszonylag ellenálló epoxigyantát használják, pl. atomerőművekben padlóburkoló anyagok kötőanyagaként, villamos szigetelő anyagként. Kemény vagy lágy PVC-ből laboratóriumi eszközöket készítenek nagyenergiájú sugárzás hatásának kitett alkalmazásra.

5.2. Üvegek, mint szilárd, szervesetlen anyagok besugárzása:

Az üvegek besugárzásának kérdésével három ok miatt is érdemes foglalkozni. A sugárkémiai vizsgálatokra a leggyakrabban üvegedényekben, ampullákban, küvettákban kerül sor és a sugárzás hatására az üvegek optikai tulajdonságai megváltoznak, azok általában elszíneződnek. Elszíneződés az alkalmazott küvettáknál és optikai elemeknél (lencsék, fényvezető kábelek) nem engedhető meg, ezért készítésükhöz szennyezőmentes szintetikus kvarcból olvasztott üveget használnak fel (márkanéven: Suprasil). A megfigyelésre a sugártérbe telepített kamerák optikai elemeit szintén szintetikus kvarcból kell készíteni. A jó minőségű szintetikus kvarcból készített üvegeknél az optikai tulajdonságok számottevő romlása 1 MGy-t meghaladó dózisoknál tapasztalható. Ugyanakkor az elszíneződés technológiai célokra is alkalmazható, besugárzással (elsősorban beltéri használatra) színezett épületüvegek, bútorüvegek, étkezészetek stb. állíthatók elő. Nem beszélve arról, hogy az elszíneződés dozimetriai célokra is alkalmazható.



jó az ábra, de ide
kellene hivatkozás!

4. ábra Üveglemez feketedése (S) röntgen-besugárzás hatására (üveglemez-vastagság: 1mm)

Az üvegek színváltozása, általában barnulás, természetesen függ az üveg fajtájától. A sötétedés-dózis összefüggés telítésbe átmenő görbével jellemezhető. A telítési érték 50%-a kb. 20kGy dózisú besugárzással érhető el.

A besugárzás hatása részben vagy egészben reverzibilis. A sötétedés idővel gyorsan, majd lassan csökken, éspedig annál gyorsabban, minél nagyobb a hőmérséklet. A sötétedett üveg visszaalakulása színtelen üveggé két, egymástól szabatosan elkülönülő függvény szerint megy végbe: egy gyors szakaszt lassan csökkenő követ. E szerint különféle termolabilis rácshibák vannak: az egyik csoport, mely a teljes sötétedés kb. 20%-áért felelős és 40°C-ig alig

befolyásolható, és a többi, mely már kisebb hőmérsékleten is reverzibilis. A sugárzással keltett elszíneződés közel teljes megszüntetése csak tartós, 100°C-ot jóval meghaladó hőmérsékletű kimelegítéssel lehetséges. Ezért használható fel a sugárzás színezett üvegek előállítására. ←

ezzel nem mond ellent, hogy a korábbi minták
szonahőmérsékleten is kivilágosodtak?

Az elszíneződés mértéke gyakran csökkenthető cérium-oxid (CeO_2) adagolásával. Ezt alkalmazzák például az izotópgyártásra, besugárzóberendezések összeszerelésére alkalmazott forrófűlkék ólomüveg ablakának besötétedés elleni védelméhez.

a sug. álló optikai
üvegeket nem
kéne megemlíteni?

6. Kísérlet megtervezése és kivitelezése:

A kísérlet a következő fázisokból épült fel:

- 2006-ban besugárzott és azóta pihentetett anyagok vizsgálata
- anyagbeszerzés
- megmunkálás
- Transzmissziómérés
- besugárzás
- Transzmissziómérés
- kimelegítés
- Transzmissziómérés

UNIOPTIK Bt, u.a.,
mint Kárpátnál

OPTILAB Kft-t írjunk,
Kárpátot név szerint a
Köszönetnyilvánításnál
említsd!

Az előző fejezetben leírtak szerint a korábbi mintadarabok transzmisszióját Ferencz Kárpát segítségével megmértem, hogy tudjuk mekkora volt a transzmisszió változás mértéke. Ez a későbbiekben, a kimelegítés tervezésénél fontos lesz.

A kísérlet felépítése során a legfontosabb feladat az anyagminták összeállítása. Itt meghatározó tényezőként kellett szem előtt tartani: egyrészt a korábbi tapasztalatokat [1] másrészt egyes üvegfajták beszerzése igen csak nehézkes, a gyártó cégek nem adnak mintát. Így az első megoldandó probléma adott volt: a hazai, kis, optikai cégeket kerestem meg, hogy néhány anyagmintával segítsék a kísérletemet. A Schmidt & Bender cég válaszolt a felkeresésemre, de az ő általuk kínált anyagfajták az Optika Mérnökirodánál (OMI) is rendelkezésemre álltak. Így csak sugárzásálló üvegeket kellett keresnem, melyek Almási Csabánál találtam is, és egy nagyjából 10x10-es üvegtömböket adott a K108 és az F101-es típusokból. A többi üvegmintát az OMI adta a saját raktárkészletéből. A korábban vizsgált üvegek leginkább átlátszóak voltak. Szabó Istvannal egyeztetve arra dotesre jutottunk, hogy a kísérletbe beleveszünk különböző színes üvegeket is, melyek a cégnél rendelkezésre állnak, sőt még egy polimer (plexi) mintát is vizsgálni fogunk. Így kialakult a végső anyagösszeállítás: F101, BK7, SF4, K108, Kvarc, a színesek közül: RG700 és az OG530 szűrők, HEG3 hegesztő üveg, míg a KG3 és a NG3 általános, sötét üveg, valamint még egy plexi mintám volt. Minták száma fajtanként 4db, így elegendő minta lesz a vizsgálatokhoz, és még egy plusz mintával is számoltam, ha esetleg valamelyik minta sérülne.

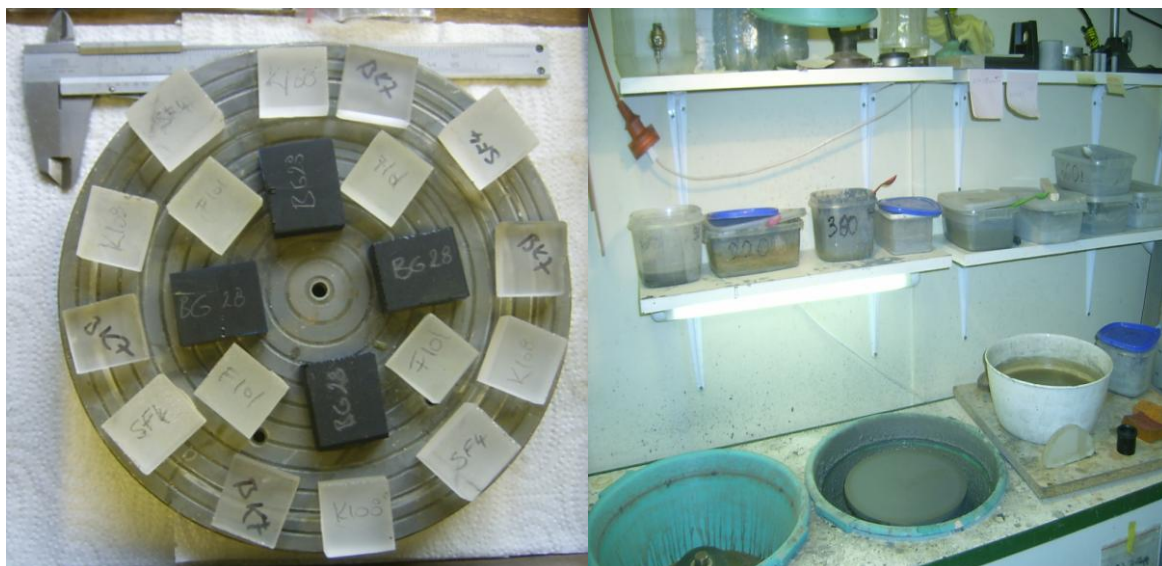
melyeket...

A konzulensemmelel egyeztetve

Tr. mérésre alkalmatlan,

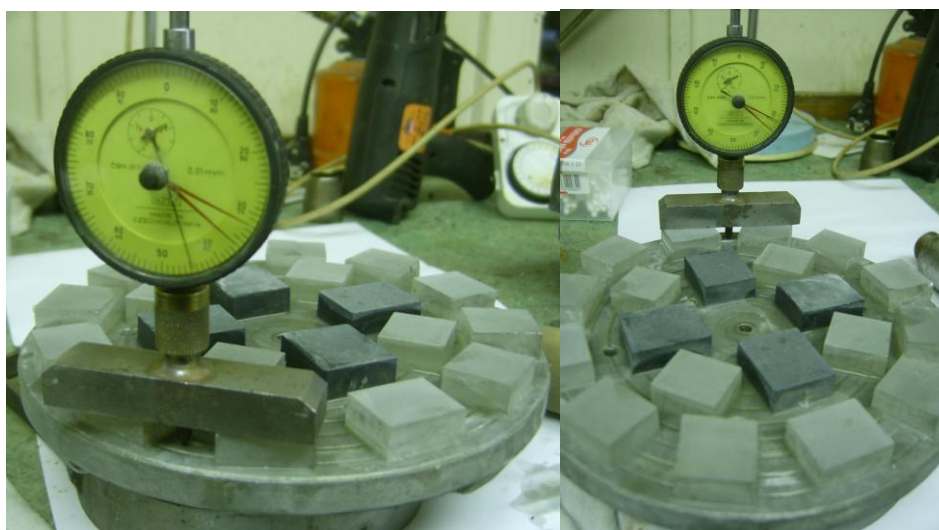
Mivel a rendelkezésemre álló anyagok még nyers darabok voltak, tömbök, síklapok, ezért ezeket még darabolni, gömbölyíteni, majd csiszolni kellett. A végső darabok méreteit

korlátozta a besugárzás során használt tubus mérete, vagyis a mintadarabnak bele kellett férni egy 28mm átmérőjű csőbe. Ez meghatározta az átmérőt, amit 20mm-re választottam, míg a vastagságnak 10mm-t, hogy össze tudjuk vetni az általunk kapott eredményt a korábbiakkal. Ugyan volt néhány üveganyag, mely ilyen vagy hasonló méretekkel bírt, de a többségét én munkáltam meg a megfelelő méretekre [lásd 7.sz.melléklet].



1. kép A darabolt minták felragasztva a csiszoló korongra (balra). Csiszoló műhely (jobbra).

A csiszolás az alábbi „szitaszámú” porokkal készült: 320, 400, 600, 800. E porok méretei rendre: 0.04, 0.032, 0.020, 0.0013 mm. Az '1000'-es porral már nem lehetett csiszolni, mivel a körülmények ellenére, mindig bekarcolt. A csiszolás során folyamatosan mértem a párhuzamosságot. Jól megfigyelhető volt, hogy a puhább anyag jobban kopik, mint a keményebb.



2. kép Párhuzamosság ellenőrzése

Miután a csiszolás során elértem a megfelelő méretet és felületi minőséget, melegítve a tárcsákat a ragasztó elengedett, majd kisebb tisztítás után sor kerülhetett a gömbölyítésre. Ezt a műveletet szintén magam végeztem az OMI műhelyében.



3. kép Gömbölyítés folyamata , BK7-es üveg (10mm vastag, 20mm átmérőre)

Miután mindegyik munkadarabot legömbölyítettem, a következő lépés a fazettázás, vagyis az élek lekerekítése. Ezek után visszarakasztottam a tárcsára a mintadarabokat és jöhetett a polírozás. Polírtárcsán egy filc anyag volt, melyet megfelelő kenőanyaggal kellett nedvesen tartanom a polírozás során, hogy az üveg anyagok ne tapadjanak. Mivel a kvarc anyagok vékonyabbak voltak 10mm-nél, ezért azok egy kisebb tárcsán kaptak helyet, azon lettek csiszolva és polírozva is, amint a lentebbi képen látszik is.

4. ábrán látható.



4. kép Kistárcsa polírozás közben

Polírozás során már nem a szemcse forgácsoló hatása érvényesül, mint a csiszolásnál, hanem a súrlódó hő hatására az egyenetlenségek összehegednek. A felület minőségi változás szemmel látható:



5. kép Csiszolás után lupával ellenőriztem a felületi egyenletességet



külön kell írni

6. kép Polírozás után az üvegnek átlátszónak kell lennie

Végső lépés a mintadarabok megtisztítása üvegtisztító és egy puha pamutruha segítségével. Ezek után a mintadarabok készen álltak a kísérletre.



7. kép A kész mintadarabok előkészítve

u.a., mint korábban: név szerint a Kösz. nyilvánításban említsd Őket!



Besugárzásra a KFKI AEKI kutatóreaktorát használtam. Felvettem a kapcsolatot Gajdos Ferenc üv.h.-sel és kollégájával, Lehoczki Zsolttal, aki segítségemre volt a besugárzan-dó minták csomagolásában. Összeállítás során, mivel most nem a sugárzás hatását vizsgáltuk, ezért úgy döntöttem, hogy irodalomkutatásom alapján sugárzásállóbb anyagok 8 órát, míg a többi 1-1 órát lesz sugárzás alatt. Maga a sugárzás az átmeneti tárolóban történt, ahol a használt fűtőelemeket tárolják bór rudak között vizes közegben. Ez azért fontos, mivel az elenyésző neutronsugárzást a bór rudak elnyelik ~~így csak tiszta~~ ^{rövid i} gamma-sugárzás éri a mintákat, valamint nem kellett aggódni az esetleges felaktiválódás miatt. Természetesen a besugárzás után minden minta ellenőrizve lett sugármérővel.

Pontos helyszíni rajz a 6.sz. mellékletben található. A tubusok a következő rendben lettek berakva a tartócsőbe:

T3		T6
T4	T1	T7
T5	T2	T8



8. kép Tubusok elhelyezkedése a csövön belül

Kicsomagolásnál jelen voltam, így megfigyelhettem, hogyan helyezték el a tubusban a mintákat. Használtak távtartó gyűrűket, mellyel egyrészt távol tartották a mintadarabokat egymástól másrészt a minták egymás közti leárnyékolását megakadályozták. Maga a tubus, a távtartó és a cső is alumíniumból volt, melyen könnyedén áthalad a gammasugárzás így nincs befolyással a mérésre. Minták elhelyezkedése a tubusban: (pontos értékelés a 1.sz. mellékletben, „besugárzási terv” c. alatt található.



9. kép 4.tubus összeállítása felbontás után

4.tubus összeállítása felbontás után:balra a 28mm átmérőjű tubus; mellette a 21mm átmérőjű, melyben a minták is voltak. Jobb oldalt a minták sorrendje, fentről lefelé haladva: BK7/1, SF4/1, BK7/2, SF4/2, Plexi, köztük pedig a távtartó gyűrűk. Jobb oldalt az a négyszög papír, pedig a doziméter film tárolója, mely a tubusban a minták mellett volt a 'paláston'. Magát a dozimétert az Izotóp Intézet, személyesen Baranyai Lajosné adta át bemérés után. Típusa: FVT60 mérési tartománya 500Gy – 30kGy. Besugárzás után szintén ő értékelte ki, mely értékek szintén megtalálhatóak az 1.sz. mellékletben. Itt említem meg, hogy a kicsomagolás folyamán a T8 tubusban víz volt, ami azért furcsa, mivel a kicsomagolás során vákuumban ellenőrzik a tubusokat. A beázás miatt a doziméter film elázott, de még értékelhető volt. A további mérésekhez a papír helyett fóliaborítást javasolok, mely az ilyen esetekben is megvédi a detektor filmet.

a neveket itt is a Kösz. nyilvánításban említsd, ott is azonosíthatóan megadva, ki hol segített

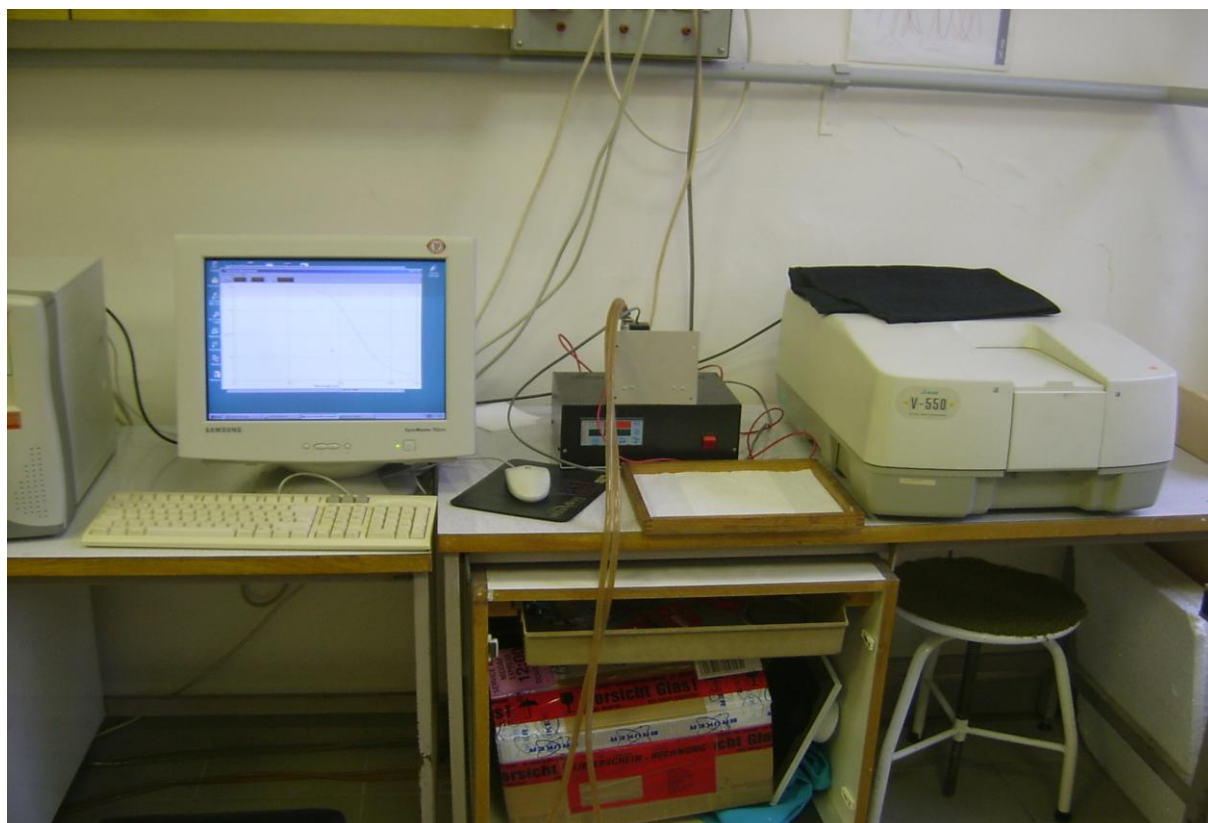


A besugárzás előtt illetve után megmértem a minták transzmisszióját. Ehhez segítségemre volt az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet Kristályfizikai Osztályának osztályvezetője, Dr. Kovács László valamint kollégája Lengyel Krisztián. Méréseket a KFKI 10.épület 17. laborjában végeztem Lengyel Krisztián segítségével, ki megmutatta, hogy tudom használni a rendelkezésemre bocsátott Jasco V-550-es spektrofotométert.

Osztálya.

A méréseket

itt maradhat a név



10. kép Mérőállomásom a KFKI 10.épület 17. laborjában, jobbra a Jasco V-550-es spektrofotométer

Ezek után a méréseket magam végeztem. Mérési eredményeket a 'kiértékelés' fejezetben közlöm. A mérési tartomány 190 és 900 nanométer között volt 1 nanométer felbontásban 200nm/min mérési sebesség mellett.

1957(?) -es szovjet

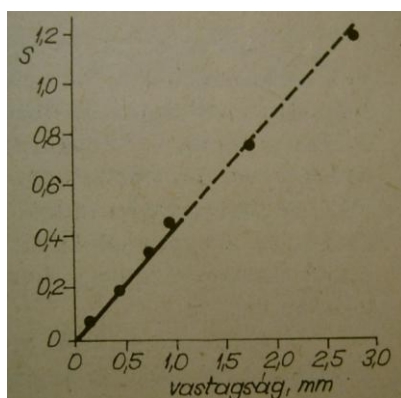
műszaki leírása

A mérések után következhetett a kimelegítés. Előbb azonban meg kellett határoznom, hogy milyen paraméterek – hőtartás ideje, hőfoka - mellett akarom hőkezeltetni a mintákat. Ehhez a három éve besugárzott és azóta pihentetett mintákat használtam kikísérletezési célra. Valamint a birtokunkban volt egy régi orosz eszköz, magyar nyelvű silabusza, melyből némi kiindulási információhoz jutottam: „ 70. sz. kémlelőablak leírása. VI. Az elhomályosult üvegek átlátszóságának helyreállítása: Az elhomályosult üvegek átlátszóságát villamos tokos

kemencében való melegítéssel lehet helyreállítani. A kemence belső ürege sima samott lapokkal legyen bélelve.

Az átlátszóság helyreállításának folyamán a következő: a lencséket a foglalatból kivenni, az éleket ceruzával megjelölni, hogy szereléskor a foglalatba való helyezés irányát és sorrendjét össze ne keverjék, az üvegeket a kemencébe rakni és a kemencét óránként 50°C-ot meg nem haladó sebességgel 150°C-ra melegíteni. Ezen a hőmérsékleten a kemencébe tartani kb. 10órán keresztül míg az üveg el nem szintelenedik, azután a hőmérsékletet óránként 10 °C –os sebességgel szabad hőmérsékletre csökkenteni. A helyreállítás egész folyamata alatt ügyelni kell arra, hogy az üveg ne érintkezzen a hővezető fém részekkel és óvni kell az üveget a hideg levegő áramlattól. Az alkatrész berakása előtt a kemence belső üregéből a port, különösen a szerves eredetű port, el kell távolítani. Az üregek polírozott felületét gondosan le kell törölni.....” . Teljes szöveg megtalálható a 2.sz. mellékletben.

Egy másik irodalom is a segítségemre volt [3], mely inkább kísérleti, mint gyakorlati oldalról közelített a témához. Itt több diagramot is találtam a jelenségre utalóan:

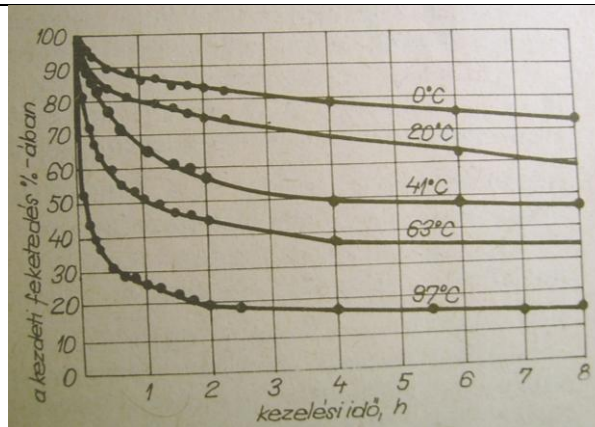


talán ez a hivatkozás hiányzik a 15. oldalon?

5. ábra A feketedés (S) határértékének változása az üveglemez vastagságával

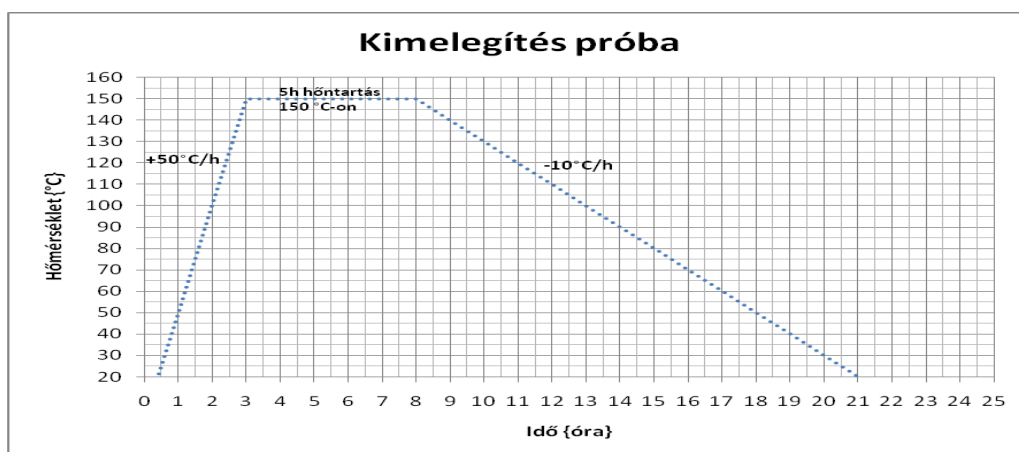
Összefüggés a feketedés (S) és a dózis (D) között:

$$S = 0,42 \cdot \left(1 - e^{-0,365D} \right)$$



6. ábra A röntgensugárzástól elszíneződött üveg feketedése visszaalakulásának kinetikája a hőmérséklet függvényében

Következtetésként előre levonható, hogy az ionizáló sugárzás – főként gammasugárzás – hatására történő feketedés részben vagy egészben reverzibilis. A feketedés az idővel először gyorsan, majd lassan csökken, és pedig annál gyorsabban, minél magasabb a hőmérséklet. Látni, hogy 5 óra hőkezelés elteltével a változás 90%-a lezajlott. Így öt óránál tovább nem érdemes nekem sem fűteni. Próba kimelegítésem a következő lett elméletben: 3 óra fűtés 150°C-ra 5 óra hőntartás, majd hűtés a megadott 10°C/óra sebességgel. Diagramon ábrázolva:



7. ábra Tervezett hőkezelés T(t) diagramja

Ez a kimelegítés elég nagy feladat elé állított. Elsősorban meg kellett érdeklődnöm, hogy milyen kemencét, szárítószekrényt tudnak a nélkülözni a számomra. Másodsorban a hőkezelés programozhatósága volt a probléma, mivel az 50°C/óra-ás felfűtés túl lassúnak bizonyult, valamint a 10°C/óra-s lehűtés szintén túl lassúnak.

biztosítani

Egy szárítószekrényt tudtam használni, melyet Fischer Éva segítségével a 10.épület Kémia 1 47c laborjában üzemeltettek. E készülék előnye volt, hogy egyszerre beleférnek a mintáim, hátránya viszont, nem programozható, csak egy hőfokszabályozó volt a készüléken.



11. kép Szárítószekrény a KFKI 10.ép. Kémia 1, 47c laborjában

Egy próba üzemmél beállítottam a kapcsolót 150°C-ra, de még így is felment 164°C-ig a hőmérséklet. Ekkor ezért nem szakítottam meg a kísérletet, mert a folyamat szemléltetésére így is meg felelt. A későbbiek során viszont már sikerült 150°C-ra beállítanom a készüléket, így a mintáim már e hőmérsékleten lettek hőntartva. A pontos mérési eredményeket a következő fejezetben közlöm.

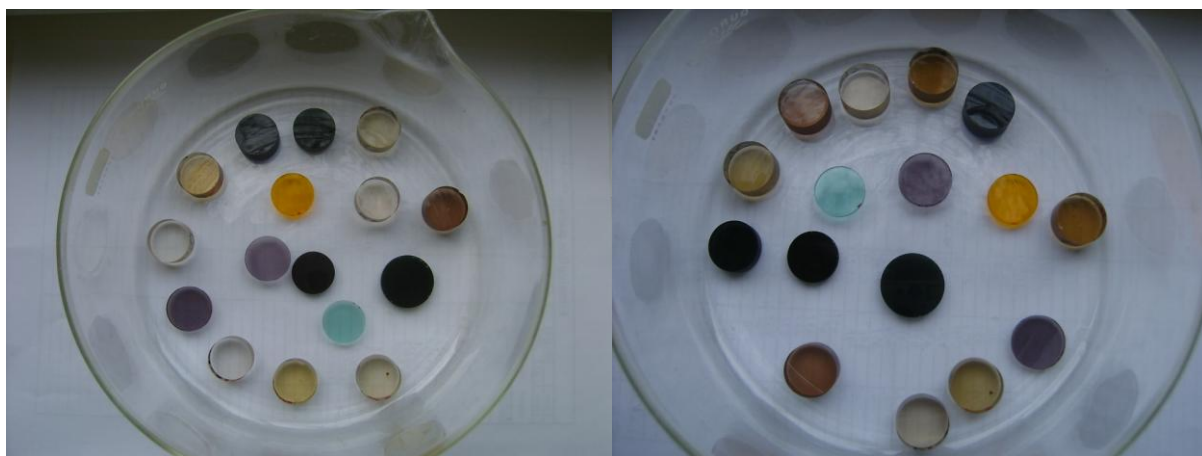
A doziméterek kiértékelése után megtudtam, hogy a mintadarabjaim nem mind akkora sugárzást kaptak, mint amire számítottam. Úgy számoltam, hogy egy óra gammasugárzástól a lehető legtöbb üvegmintám 70-80%-ban elsötétedik – a korábbi tapasztalatok alapján. Ehhez képest a legtöbb minta szemmel láthatólag nem változott. Csak a közvetlen mérések igazolták, hogy egyes mintáim 10% míg mások akár 60%-os sötétedés tapasztalható (adott hullámhossz értékeken). Ezért módosítanom kellett a hőkezelési ciklus hosszát. Így nem öt óra hőntartást ütemeztem elő, hanem egy egyórát valamint egy kétórát, hogy követni tudjam a változások mértékét.

mintáimnál



12. kép Három éve besugárzott minták kimelegítés előtt

Mivel volt elegendő mintadarabom, ezért azon üvegeknél, melyeknél szemmel láthatóan is nagyobb volt a sötétedés még egy harmadik, összevont hőkezelést is csináltam, ami abból állt, hogy 5 db üveg minta (SF4, BK7, K108, F101, kvarc) bent volt az egyórás melegítésen majd mérések után a kétórás melegítésen is. Így összesen kapott egy 1+2 órás hőközlést. Így már elegendő mérési adatokkal rendelkeztem, hogy megfelelő következtetést tudjak levonni.

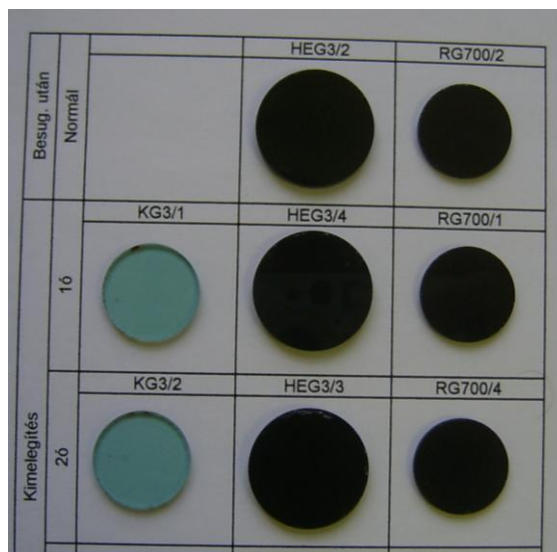


13. kép Saját mintadarabjaim a besugárzás és kettő óra hőntartás után 150°C-on

Az alábbi képen láthatóak a mintáim egy összefoglaló táblázatban, ahol az első sor a 'normál' besugárzási mintákat mutatja, a második az egy óra hőkezelés utáni állapotot, a harmadik a két óra hőntartási állapot, valamint a negyedik, utolsó sorban az 1+2 órás hőntartott mintadarabjaim. A hőntartás hőmérséklete minden esetben 150°C-on történt.



14. kép Üveg mintáim a besugárzás és a hőkezelés után



15. kép Üveg mintáim a besugárzás és a hőkezelés után

7. Kísérlet eredményeinek feldolgozása

A már említett helyen, a ...

7.1. *Doziméterek kiértékelése:*

név maradhat

Magát a ...

KFKI Izotóp Intézetnél dolgozó Baranyi Lajosnénak köszönhető az a 8 db FVT-60 típusú doziméter film, melyet a kísérlet során felhasználtunk. Maga a kiértékelést is ő végezte. A detektorok 5x5mm-es lapocskák, melyek gamma sugárzás hatására elsötétülnek. Az elsötétedés mértékét transzmisszióméréssel meghatározzák, és abból következtetnek a mért dózisra. A kiértékelés eredményét az 1. táblázat tartalmazza.

Doziméter száma	Tubus jelzése	Detektálási idő [ó]	Dózis mértéke [kGy]
11	T1	8	24
12	T2	8	20
13	T3	1	0,5
14	T4	1	0,5
15	T5	1	0,5
16	T6	1	n/a ¹
17	T7	1	10
18	T8	1	10

2. táblázat Doziméterek kiértékelése

Az analízist egy Jasco V-550 UV/VIS típusú spektrofotométerrel készült a KFKI Izotóp Intézet XXII/A épületének laborjában 2009.12.04-én. A kiértékelést végezte: Baranyi Lajosné, az intézmény dolgozója.

7.2. *Transzmissziómérés értékelése*

a már említett helyen és műszerrel, a ...

A 190-900nm tartományban mért transzmisszió analízist az MTA Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet laborjában (KFKI,10.épület.17.labor) végeztem egy Jasco V-550-es spektrofotométerrel (s/n:1-1432-00).

¹ a dózis mértéke a mérési tartomány alatt volt , úgy 100-200 Gy lehetett

Mérési paraméterek minden esetben a következők voltak:

- tartomány: 190-900 nm , illetve 380-780 nm
- sebesség: 200 nm/min
- felbontás: 1 nm

Méréseket a következő fázisokban végeztem:

- besugárzás előtt
- besugárzás után / kimelegítés előtt
- kimelegítés után

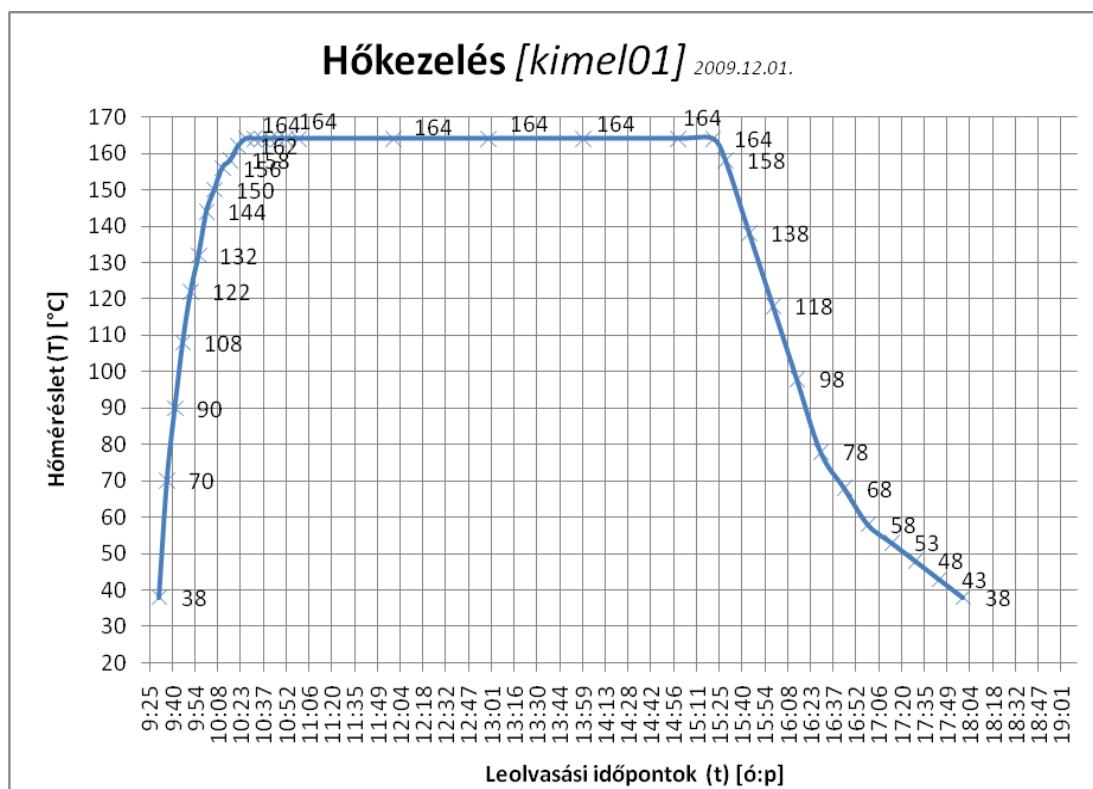
A mérési eredményeket digitális formában dolgoztam fel. A dokumentum 3.sz. mellékletében csatoltam az összes mérési eredményt táblázatos formában.

7.3. *Hőkezelések kiértékelése*

a már említett helyen, a ...

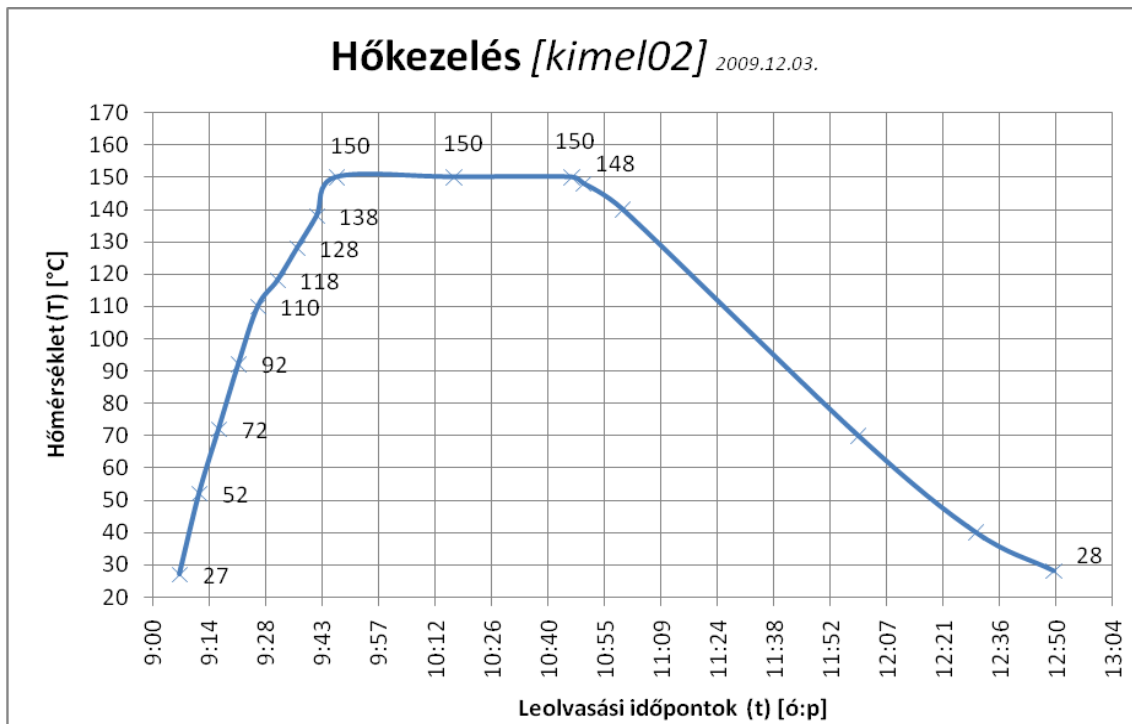
A kimelegítést szintén a KFKI-ban az MTA SzFKI Kristályfizikai Osztályán Fischer Éva technikus segítségével végeztem. Maga a készülék egy szárítószekrény volt (s/n123-1993), mely tudta a számomra szükséges 150-180°C-ot. Mérési adatokat egy beépített higanyos hőmérőről olvastam le és rögzítettem a mérési jegyzőkönyvben, majd a mérési eredményeket digitális formában dolgoztam fel. Összesen három hőkezelést végeztem el:

- 1. A három éve besugárzott mintákon egy 5 órás hűntartást 164°C-on:



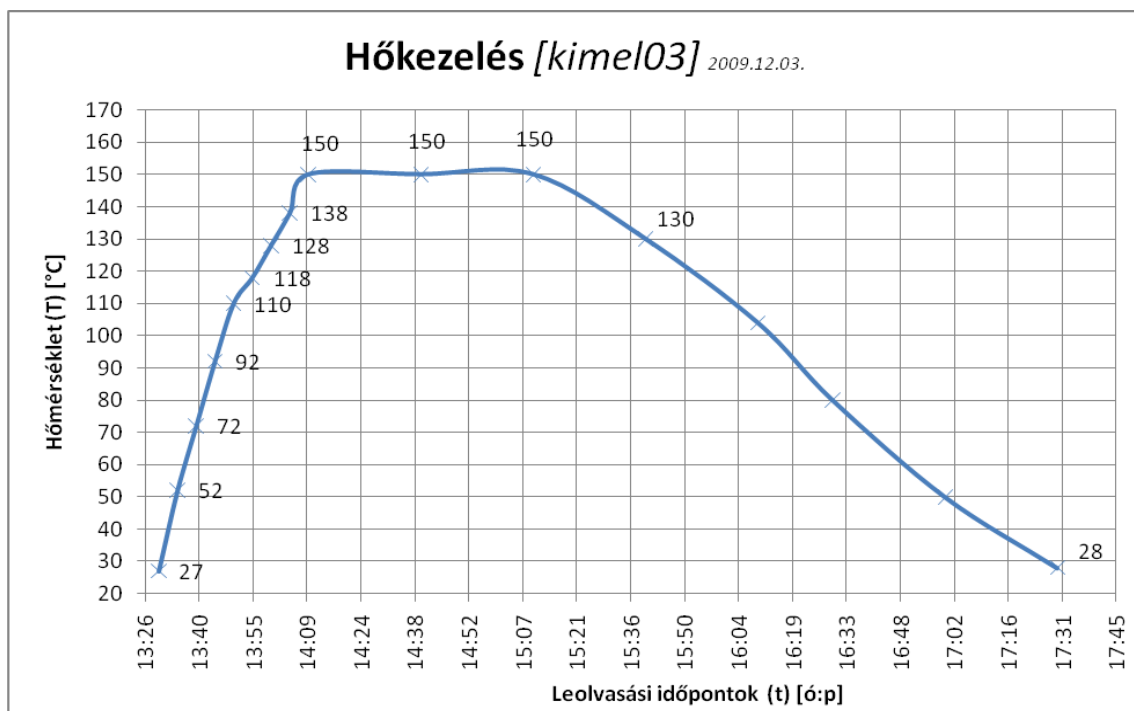
8. ábra Az öt órás kimelegítés diagramja

- 2. Az újonnan besugárzott minták egy részén egy 1órás hőntartást 150°C-on:



9. ábra Az egy órás hőntartás diagramja

- 3. valamint a másik részükön egy két órás hőntartást szintén 150°C-on:



10. ábra A kétórás hőntartás diagramja

Itt jegyzem meg, hogy 5 db minta mind az 1órás mind a 2órás hőntartásba részt vett, ezeket a későbbiekben részletezni fogom. Viszont egyes mintákat (fajtánként egyet-egyet), ha lehetett nélkülözni, a későbbi ellenőrzési és vizsgálati céllal csak a besugárzáson vettek részt. A mérési jegyzőkönyvek a 4.sz. mellékletben megtekinthetők.

8. Kísérlet során mért adatok kiértékelése

egyben írva

A kísérlet célja az volt, hogy a gamma-sugárzásnak kitett optikai anyagok sötétedését hőkezeléssel megkíséreljük visszaállítani. A feladat során a három éve besugárzott üvegeket is kimelegítettem, és mértem a transzmisszió-változásukat. Régi minták a következők voltak: BK7, K108, K8, F101, F2, kvarc. A régi minták diagramjaiban külön jelzem az üvegfajtát és a dózist, amit korábbi besugárzás során kapott. Többféle üveg anyagot² használtam fel, ezek a következők volt:

- BK7 – általános optikai üveg anyag
- SF4 – szintén egy általános üveg anyag, mely nehezebb a BK7-nél
- Kvarc – SiO_2 ; várhatóan ennek kell legjobban bírnia a sugárzást
- K108 – orosz sugárzásálló üveg, törésmutatóban a K8 illetve a BK7 megfelelője
- F101 – az F1-es 'flint' üveg sugárzás álló változata
- BG28 – Schott optikai színszűrő üveg, kék, 450nm –nél a legnagyobb a transzmissziója
- NG3 – Schott színszűrő, 10-20%-os maximális áteresztéssel
- OG530 – Schott színszűrő, 530nm feletti áteresztéssel
- KG3 – Schott, látható tartományban áteresztő üveg, világoskék színű
- HEG3 – 'Hegesztő' üveg, infratartományban áteresztő
- RG700 – RG695-ös Schott színszűrő, 695nm felett áteresztő

ö

Jelülés szempontjából az azonos fajtájú üvegeket egy '/' jel és egy számmal különböztettem meg pl.: BK7/1, BG28/2 ... stb.

Először megvizsgáltam a besugárzás hatását az üvegekre, majd pedig a hőkezelés után annak a hatását is megvizsgáltam, majd végül az egész folyamatot. Mivel közel egyenlő dózist kaptak az azonos anyag minták, ezért a hangsúly nem a sugárzás által történt változáson, hanem a hőkezelésen van.

Változások az átlátszó üvegmintákon szemmel látható volt (14.kép), elsötétedtek.

² az üvegek hivatalos adatlapja az 5.sz. mellékletben megtalálható

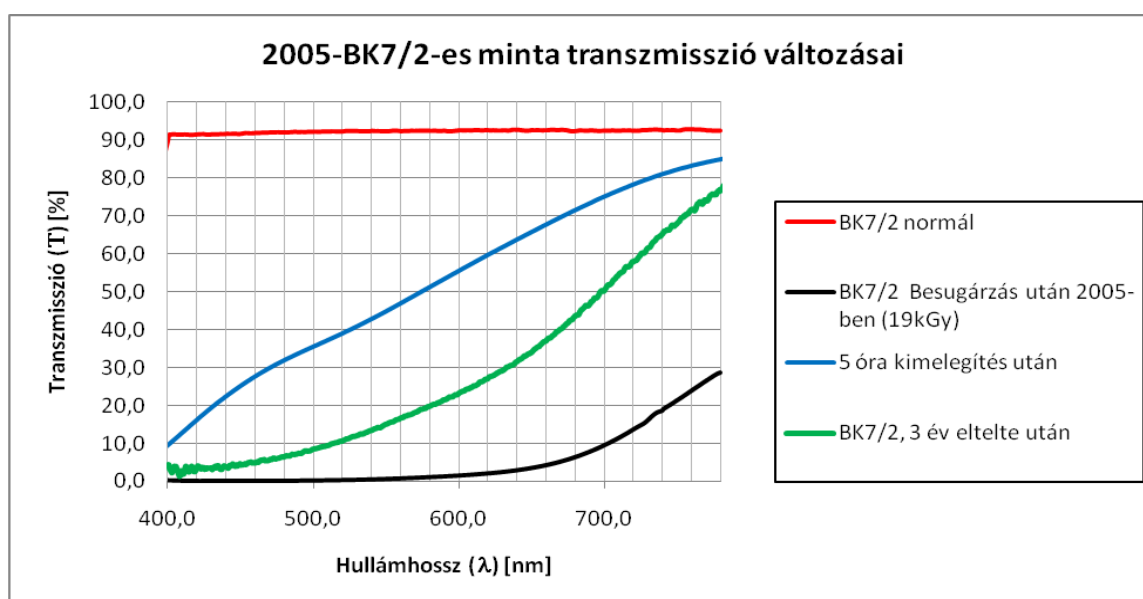
8.1. BK7 típusú üveg vizsgálata



Amint az a fentebbi képen is jól látszik, a várakozásnak megfelelően az üveg a besugárzás hatására elsötétült (jobb szélső), majd a melegítés hatására világosodott. A besugárzási dózisok és a hőkezelés hossza a következőképpen alakult:

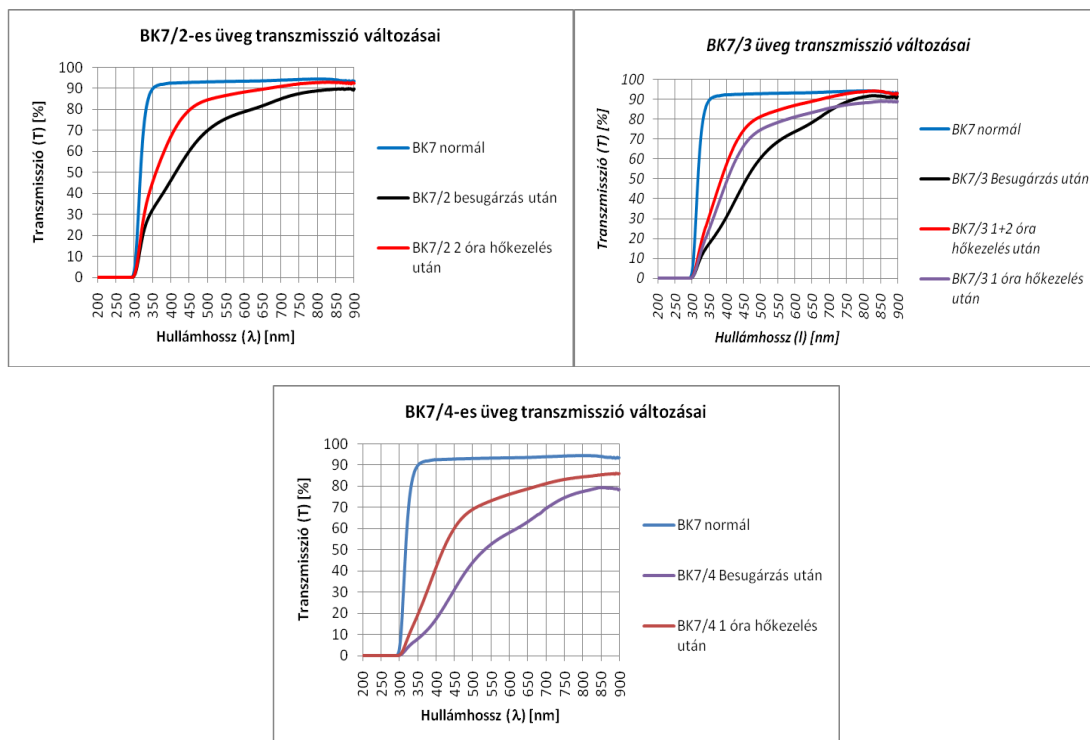
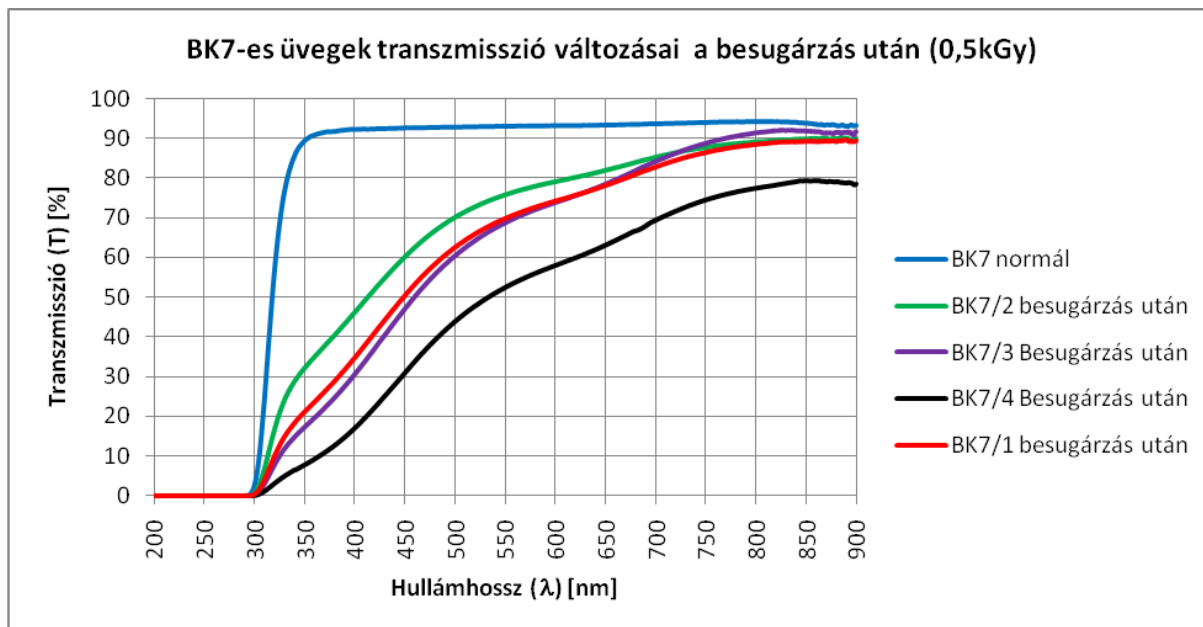
Üveg azonosítója	Dózis 1 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
BK7/1	500 Gy	nem kapott
BK7/2	500 Gy	2 óra
BK7/3	500 Gy	1+2 óra
BK7/4	500 Gy	1óra

Diagramban ábrázoltam a transzmisszió változásokat egy eredeti mért mintához képest.



11. ábra A 2005-ös BK7/2-es minta transzmisszió változása

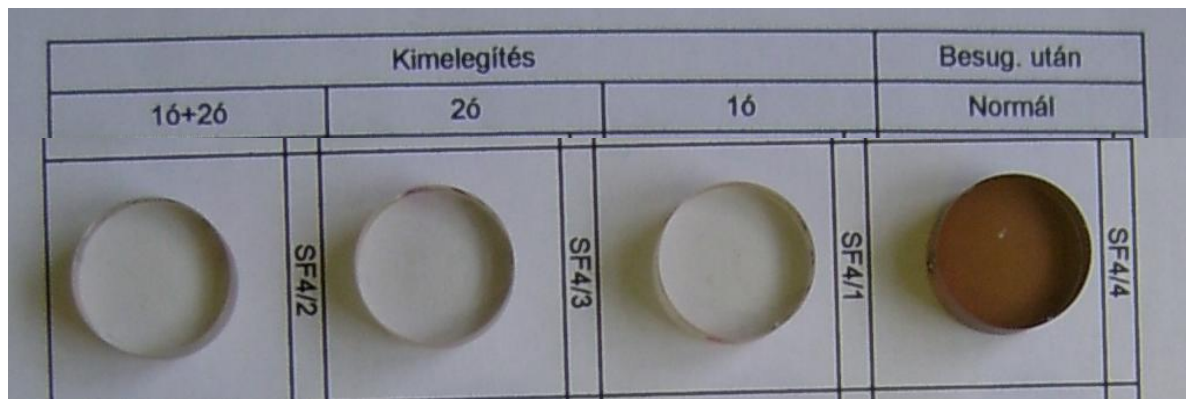
Jól látható a diagramon, hogy 5 óra hőzeléssel több változást elérhetünk, mint 3 év szobahő-mérsékleten való pihentetéssel, bár korántsem volt elég ahhoz, hogy visszanyerje az eredeti áteresztőképességét.



12. ábra BK7/2-es üveg áteresztőképességének változásai

Látható, hogy a változások aránya szinte azonos az 1 és a 2 órás hőkezelés között (BK7/2 és BK7/4), viszont ez nem tapasztalható BK7/3-as üveg esetében, ahol a plusz két órás hőkezelés csekély változást okozott a transzmisszióban.

8.2. SF4 típusú üveg vizsgálata



egybeírva

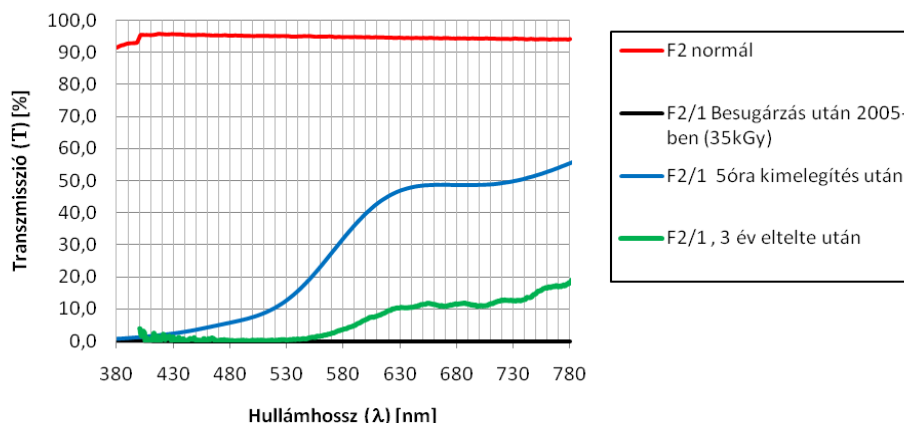
Talán itt volt a legszembetűnőbb a változás, ahol egy teljesen átlátszó üvegből a sugárzás hatására egy barna üveget kaptunk, majd a melegítések szinte teljesen eltüntették a károsodást, legalábbis szemmel láthatólag. A dózisok, illetve a hőkezelések a következőképpen alakultak:

Üveg azonosítója	Dózis 1 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
SF4/1	500 Gy	1 óra
SF4/2	500 Gy	1+2 óra
SF4/3	500 Gy	2 óra
SF4/4	500 Gy	nem kapott

2005-ös üveg minták közül az F2-s üveg minta³ kimelegítésének hatása, ábrázolva az akkori valamint a három év eltelte utáni állapotot, a következő ábrán látható:

³ Az F2-es minta van jellegre legközelebb a most használt SF4 –es mintához

2005-F2/1 minta transzmisszió változásai

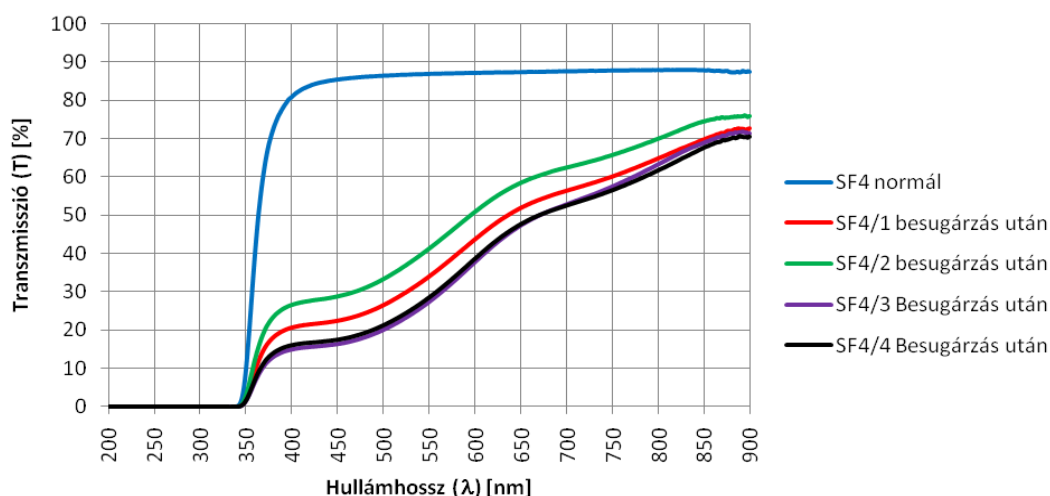


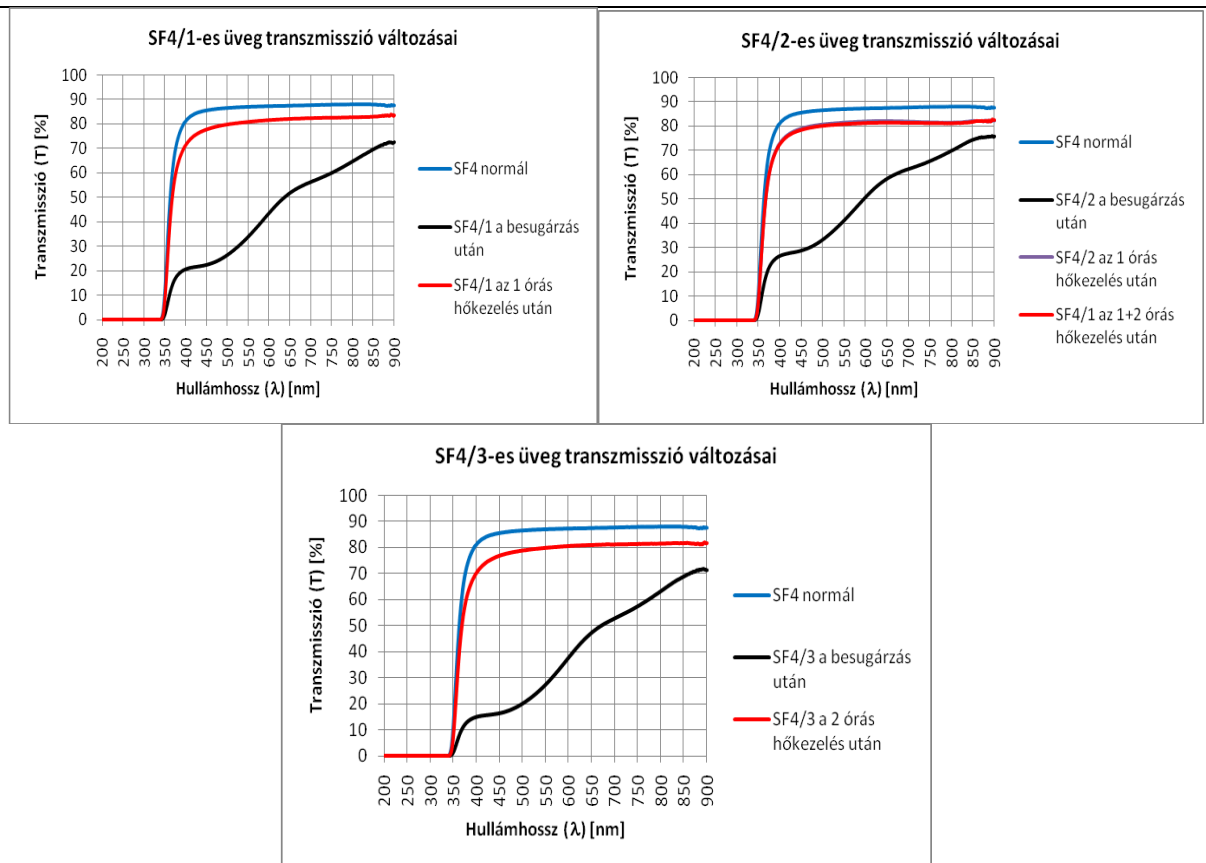
13. ábra 2005-ös F3/1-es minta transzmisszió változása

diagramon

Figyelembe véve, hogy a mostani SF4-es mintáim a dózis közel a 1,5%-át (!) kapták az akkori mintákhoz képest, várható, hogy a változás sem lesz akkora. Akkor a minták, mint a diagramon látszik teljesen elsötétültek, szemben a mostani sötétes barna árnyalattal.

SF4-es üvegek transzmisszió változásai a besugárzás után (0,5kGy)

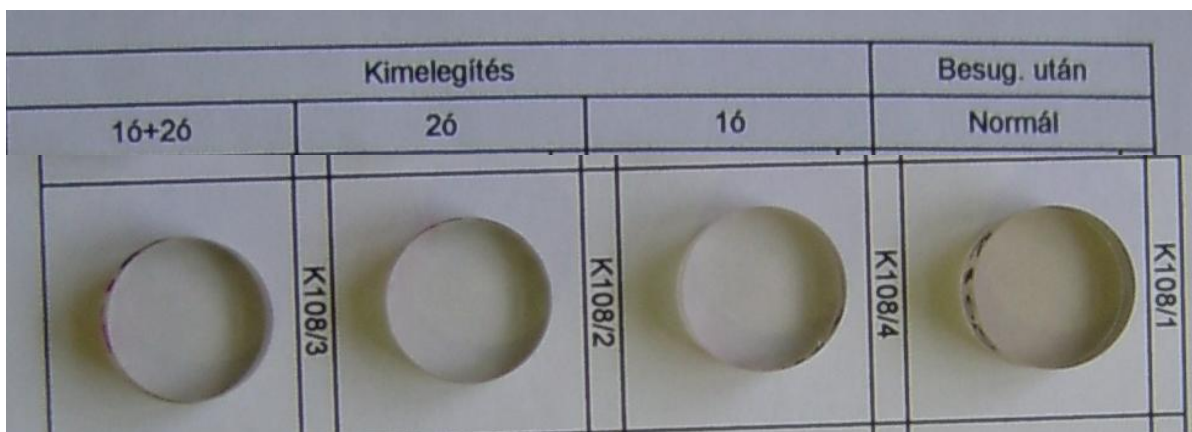




14. ábra SF4-es minták transzmisszió változása

Érzékelhető, hogy a belső szerkezeti változások az első egy órában végbe mennek 150°C-on, és a megismételt hosszabb idejű hőkezeléssel is csak pár százalékos javulás látható.

8.3. K108 típusú üveg vizsgálata



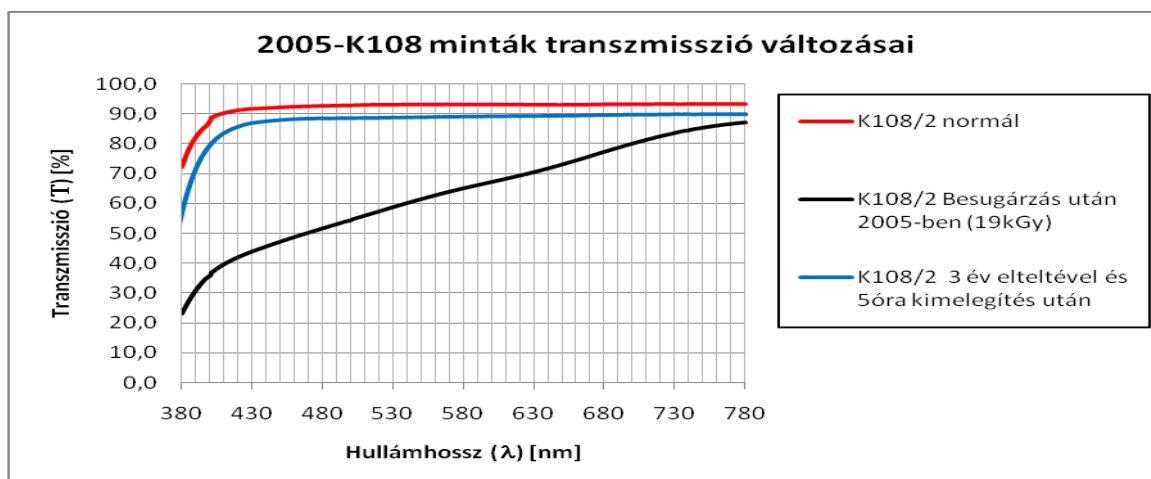
ezt hagyd ki!



A K108-as üveg bírta a legjobban a sugárzást. Szinte alig látszik rajta változás. Nem hiába, ami orosz, az orosz (nehezen romlik el). Mindenesetre a korábbi tapasztalatok alapján azért nagyobb változást vártam. Összefoglalva a kísérletet:

Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
K108/1	20000 Gy	nem kapott
K108/2	20000 Gy	2 óra
K108/3	24000 Gy	1+2 óra
K108/4	24000 Gy	1 óra

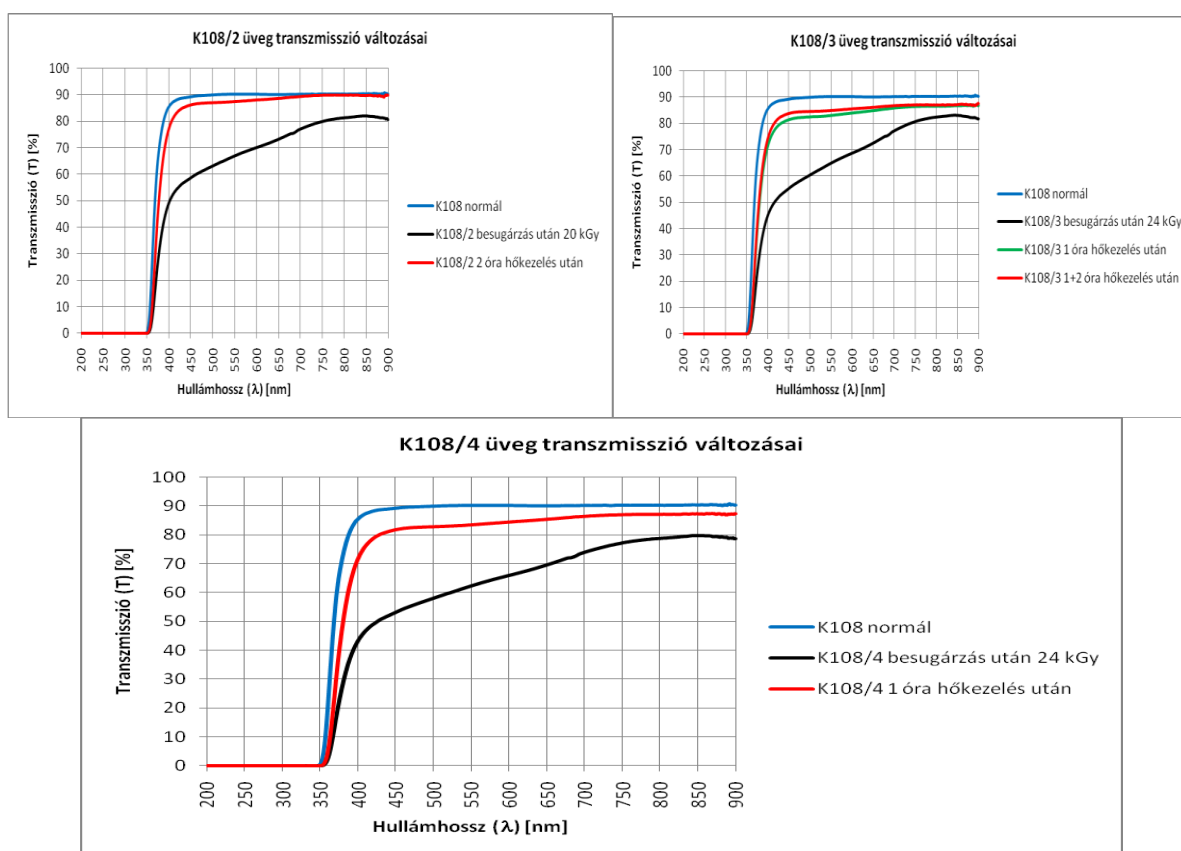
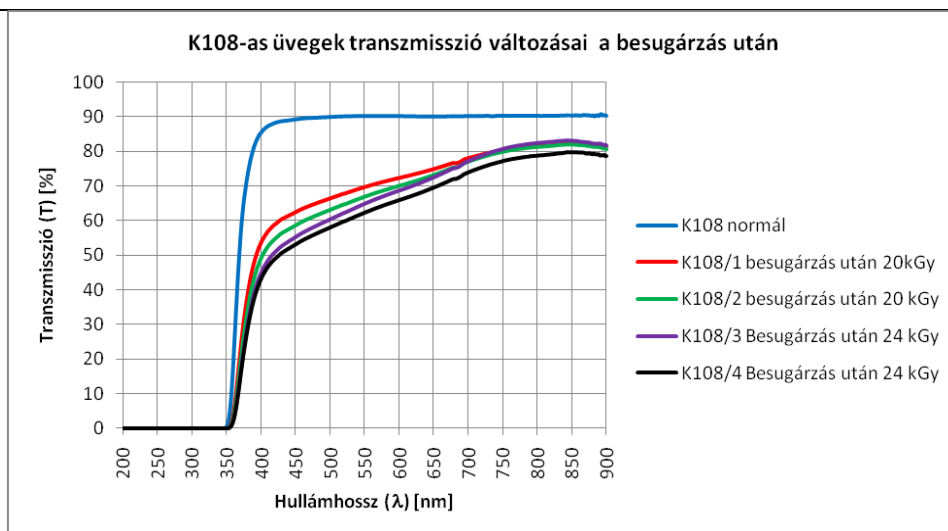
A korábbi minták vizsgálata során a K108 anyag volt az, amely még a 48kGy dózis estén is csak a transzmissziójának a felét veszítette el. Kíváncsisággal töltött el, hogy vajon a kimelegítésre, hogy reagál. Ezt láthatjuk a következő diagramon:⁴



Jól látható az előzetes kísérleten, hogy a K108-as üveg jól reagál a hőkezelésre, így várhatóan jól fogja közelíteni a transzmissziója az eredeti értéket.

nem világos, mire gondolsz, de majd megbeszéljük.

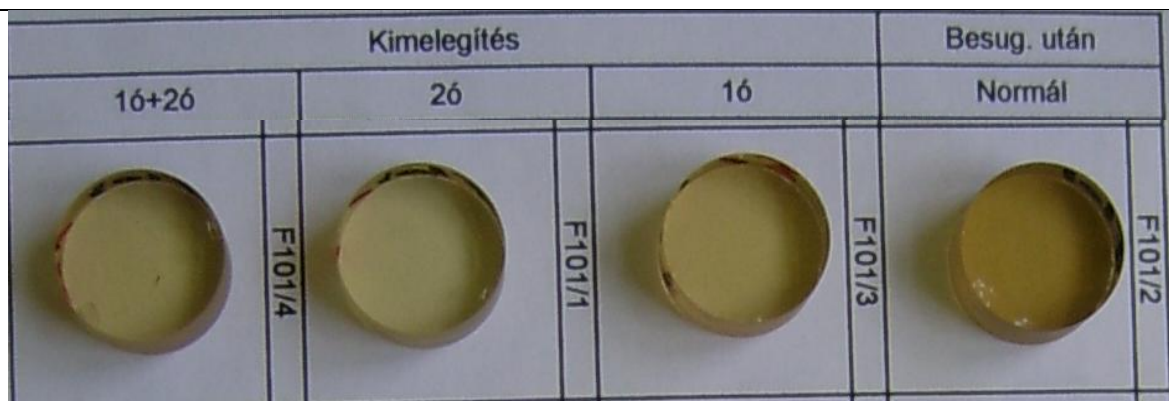
⁴ Sajnos mérési hiba miatt a 3 év eltelté utáni mérések nem sikerültek, a normálnál nagyobb transzmissziókat mértek.



15. ábra K108-as minták változásai

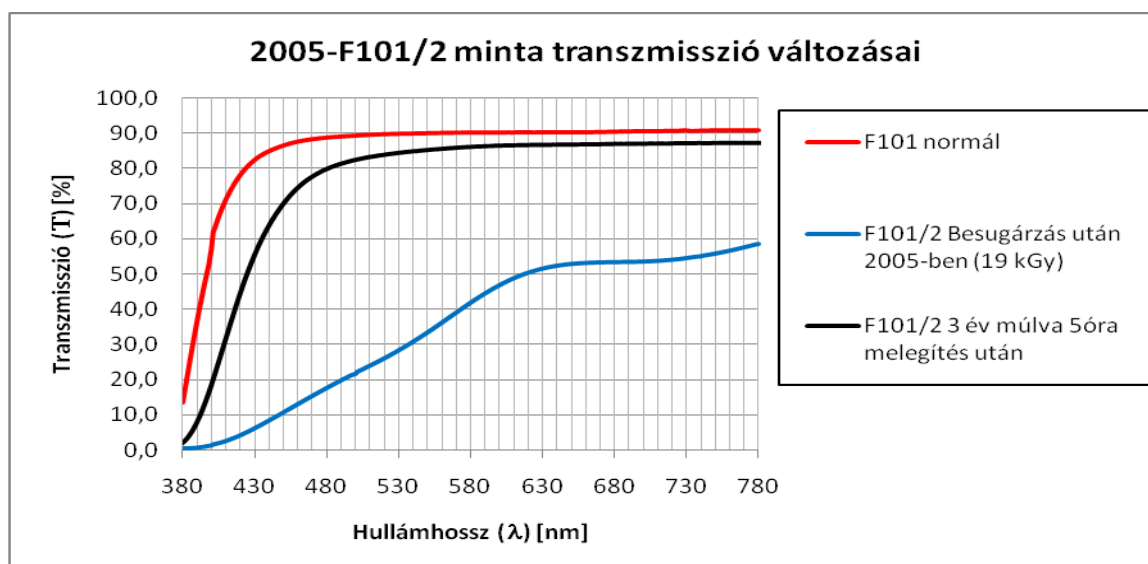
Jó látható, hogy a 2 órás hőkezelés volt a legeredményesebb, jobb volt, mint a 1+2 órás. Lassan kitűnik, hogy a hőkezelés megosztása egyáltalán nincs hatással a transzmisszió alakulására.

8.4. F101 típusú üveg vizsgálata



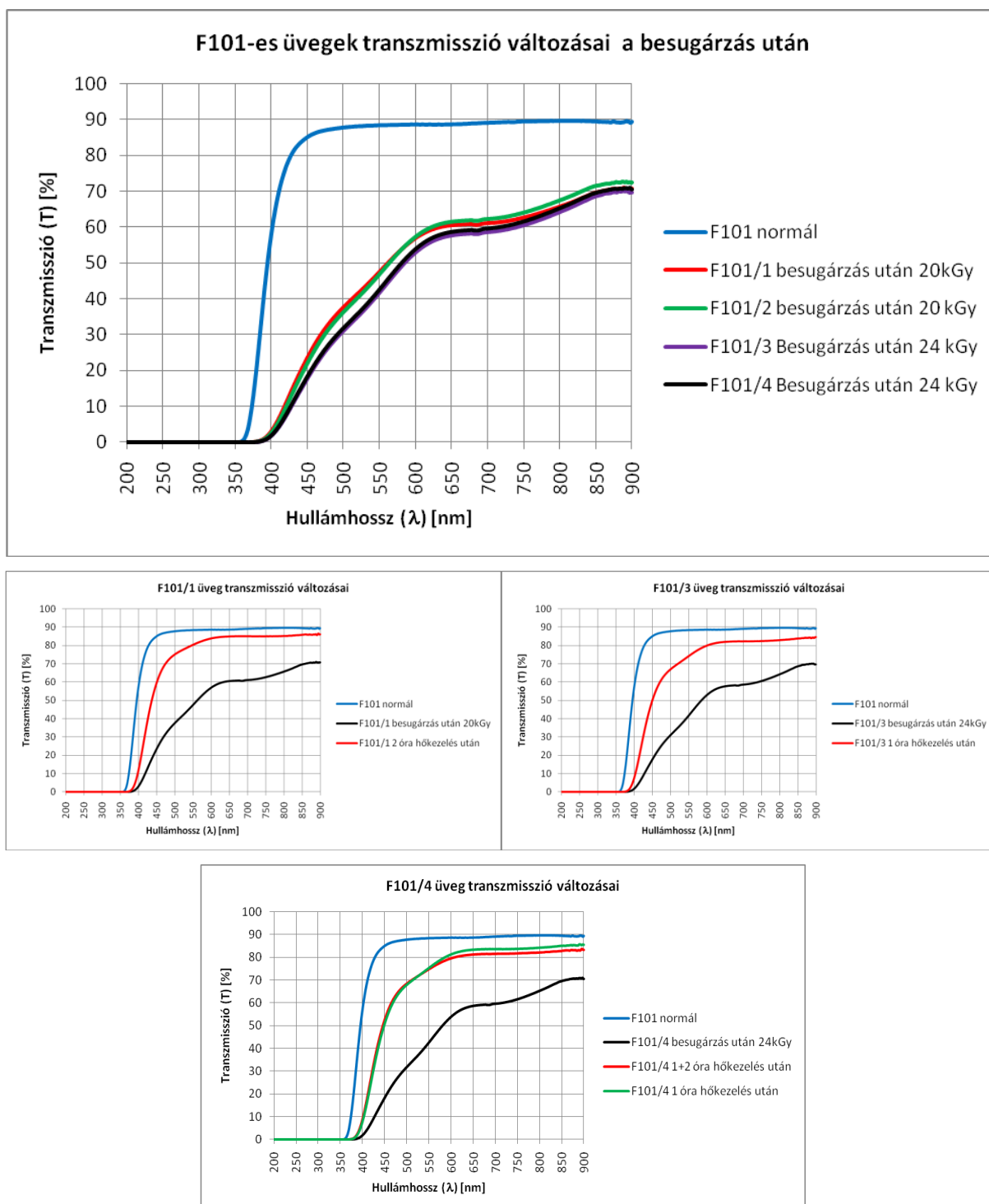
Az F101-es üveg szintén sugárzásálló, hasonlóan a K108-hoz, bár ez az üveg messzemenőleg sem olyan jó. Szemmel érzékelhető a világosodás a kísérlet fázisai között. Mivel nem nagy a kontraszt az egyes üvegminták között, ezért valószínű, hogy a kimelegítés nem volt akkora hatással az üvegszerkezetre, mint a korábbi mintákra. Az üvegminták adatai:

Üveg azonosítója	Dózis mértéke 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hűntartással
F101/1	20000 Gy	2 óra
F101/2	20000 Gy	nem kapott
F101/3	24000 Gy	1 óra
F101/4	24000 Gy	1+2 óra



16. ábra A 2005-ös minta vizsgálatának eredményeit az alábbi diagram tükrözi

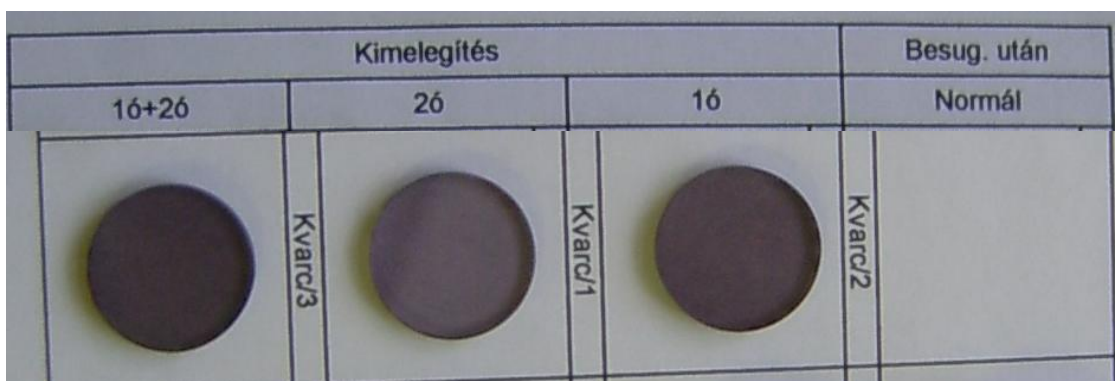
A hatás hasonló volt a K108 2005-ös mintájához. Itt is majd nem visszaállt az eredeti $T(\lambda)$ függvény. Hasonló hatást várok a mostani mintáimtól is a kísérlet során, bár a hőkezelés rövidebb lesz.



17. ábra F101-es minták transzmisszió változása

Érdekes jelenség, hogy az F101/4-es minta hőkezelése során a romlott a transzmisszió. Ezt a viselkedést semmi sem indokolja, ezért egy másik vizsgálat elvégzését kívánhatja. Mindenestre itt is jól látszik a hőkezelések között különbség minimális.

8.5. Kvarc minták vizsgálata

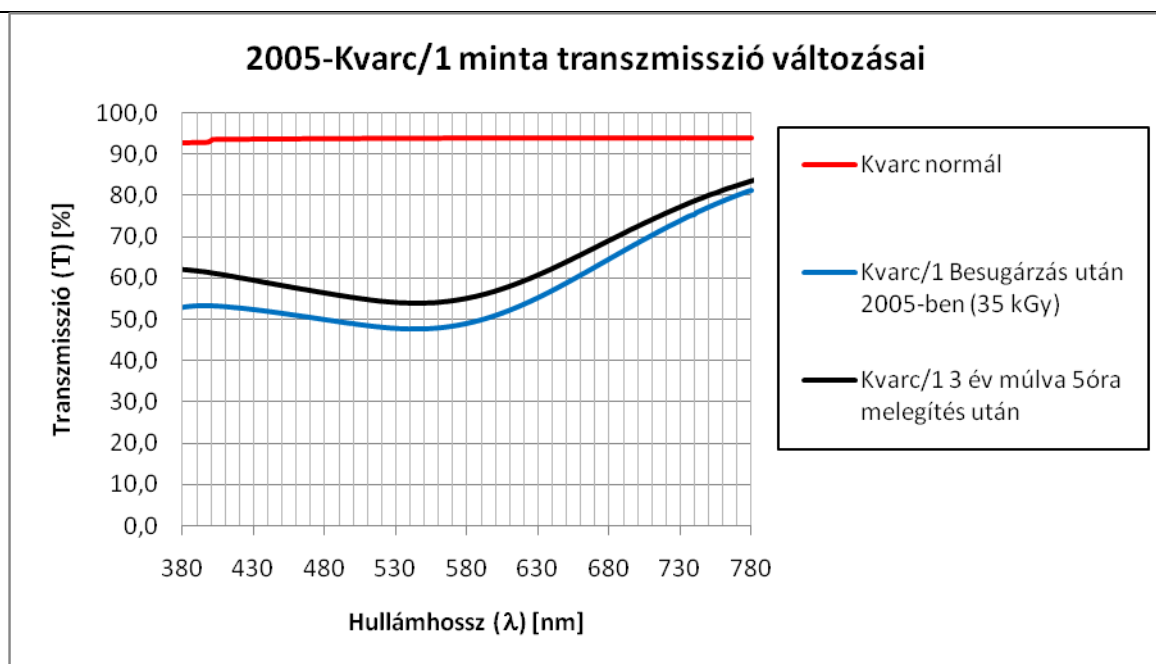


Az eddigi mintáktól eltérően a kvarc máshogy viselkedett a besugárzás hatására legalábbis, ami a $T(\lambda)$ függvényt illeti. Szakirodalom szerint a kvarc a jobban kell bírni a sugárzást, mint egyes általános üveg fajtáknak. Viszont ez a kísérletem során nem igazolódott teljes mértékben.

kvarcnak

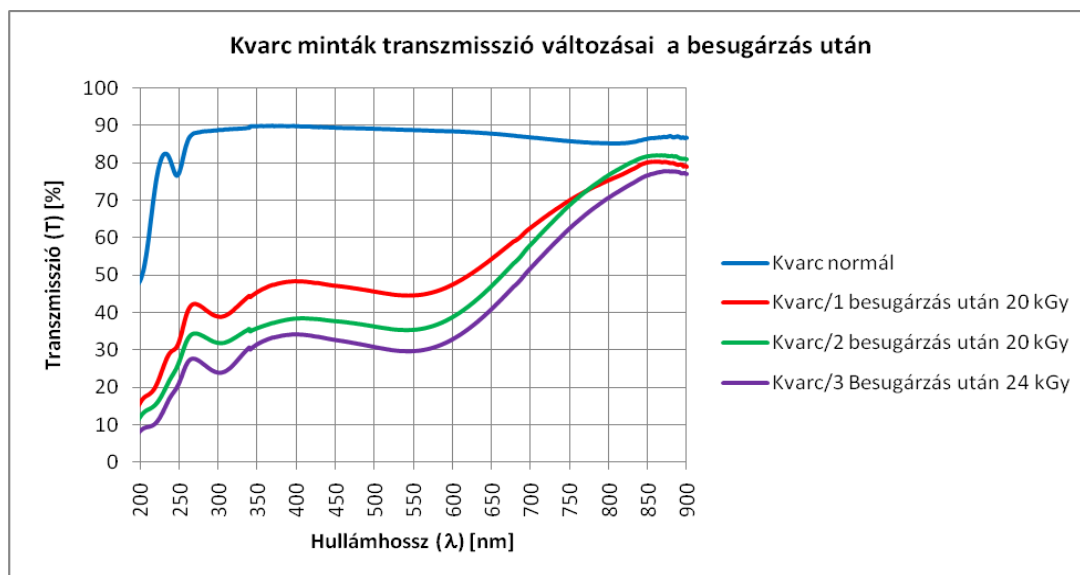
Üveg azonosítója	Dózis mértéke 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
Kvarc/1	20000 Gy	2 óra
Kvarc/2	20000 Gy	1 óra
Kvarc/3	24000 Gy	1+2 óra

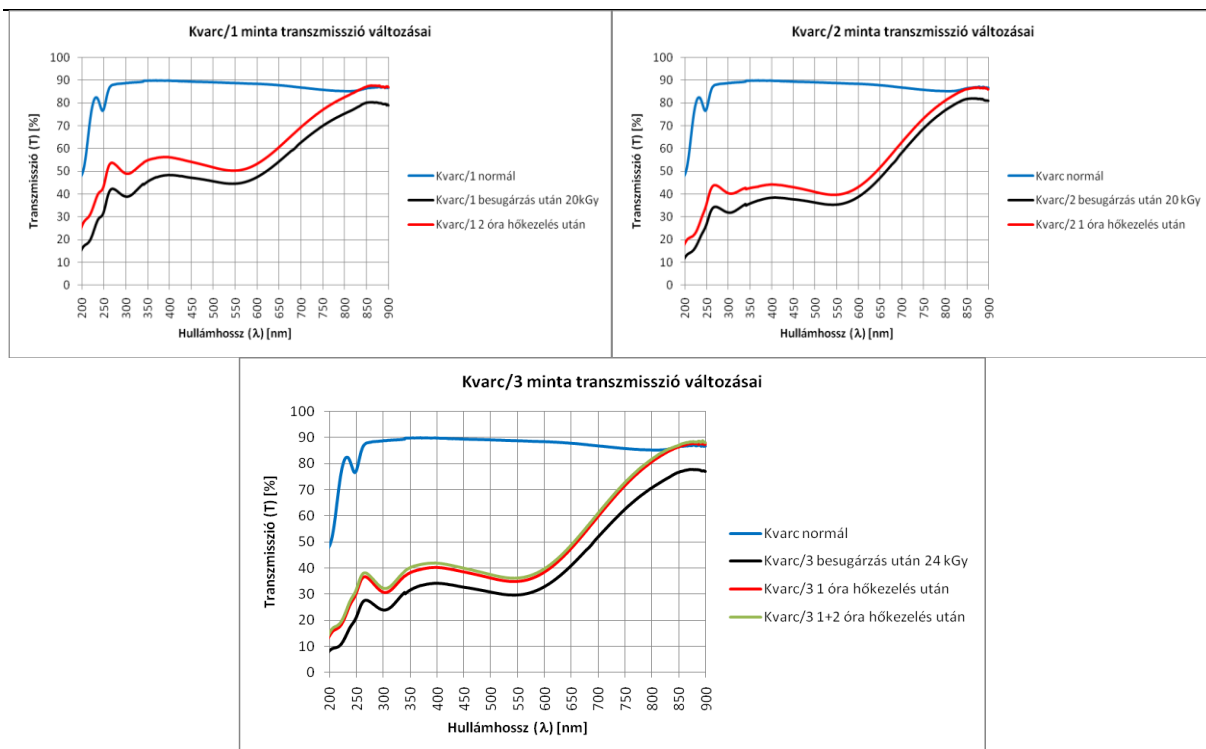
Próba kimelegítés során a 2005-ös minták transzmisszió változásait szemlélteti az alábbi diagram:



18. ábra 2005-ös minta változása

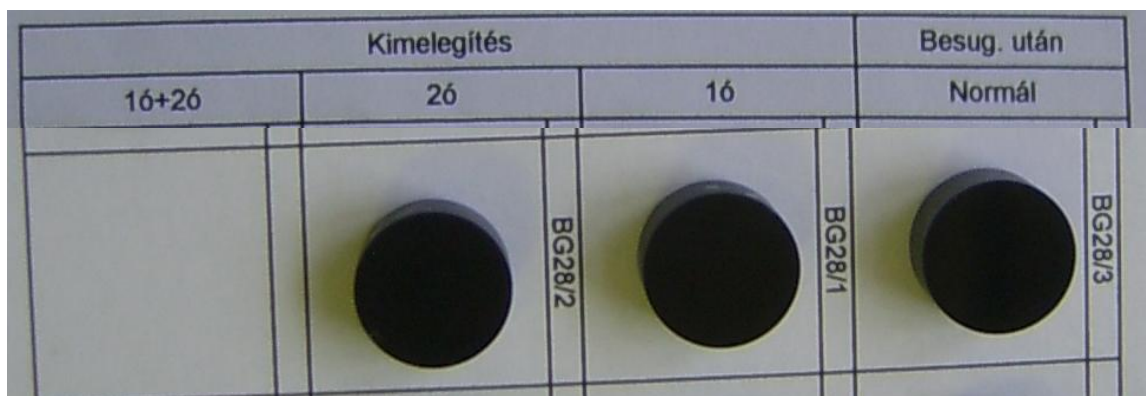
Jól mutatja a diagram, hogy a kvarcra az 550nm környéki tartományban nagyobb a gamma sugárzás hatása, mely az üveg mintáknál nem tapasztalható jelenség. És azért jól mutatja, hogy a kvarc még egy 35 kGy dózis esetén is még mindig 50% feletti a transzmissziót tudott produkálni. A saját mintáimon a transzmisszió változások az alábbi diagramokon láthatóak:





Mostani méréseim során az UV tartományt (190–380nm) is detektáltam a transzmisszió-méréseim során. Ennek köszönhetően látható, hogy elég 'hullámzóan' alakul a kvarc áteresztőképessége ebbem az intervallumban. A hőkezelések pedig egy közel 10%-os javulást okoztak közelítően egyenletesen minden hullámhosszon, ami eddig szintén nem volt tapasztalható az üvegeken végzett vizsgálat során.

8.6. BG28 típusú minták vizsgálata



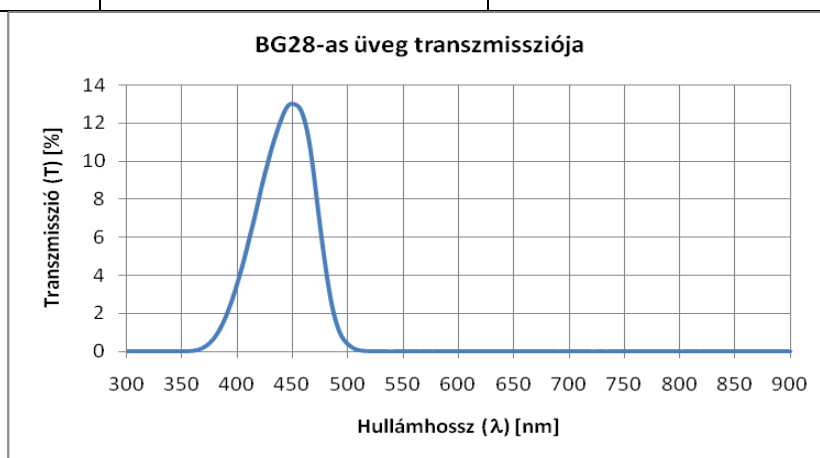
Az eddiektől eltérően a következő vizsgálatok során az optikai színszűrőket vizsgálom. Hátrányuk, hogy nem annyira szemléletesek, mivel normál esetben is sötétek,

ráadásul a besugárzás során talán a legkevesebb dózist is ők kapták. Korábban ilyen üvegek vizsgálatára nem került sor, így a sugárzás hatásában biztosat nem tudhatok. Azt várom, hogy közel hasonlóan viselkednek az eddigi mintákhoz képest.

A kísérlet során használt dózis, illetve hőkezelési értékek:

vártam,

Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
BG28/1	10000 Gy	1 óra
BG28/2	10000 Gy	2 óra
BG28/3	n/a ⁵	nem kapott

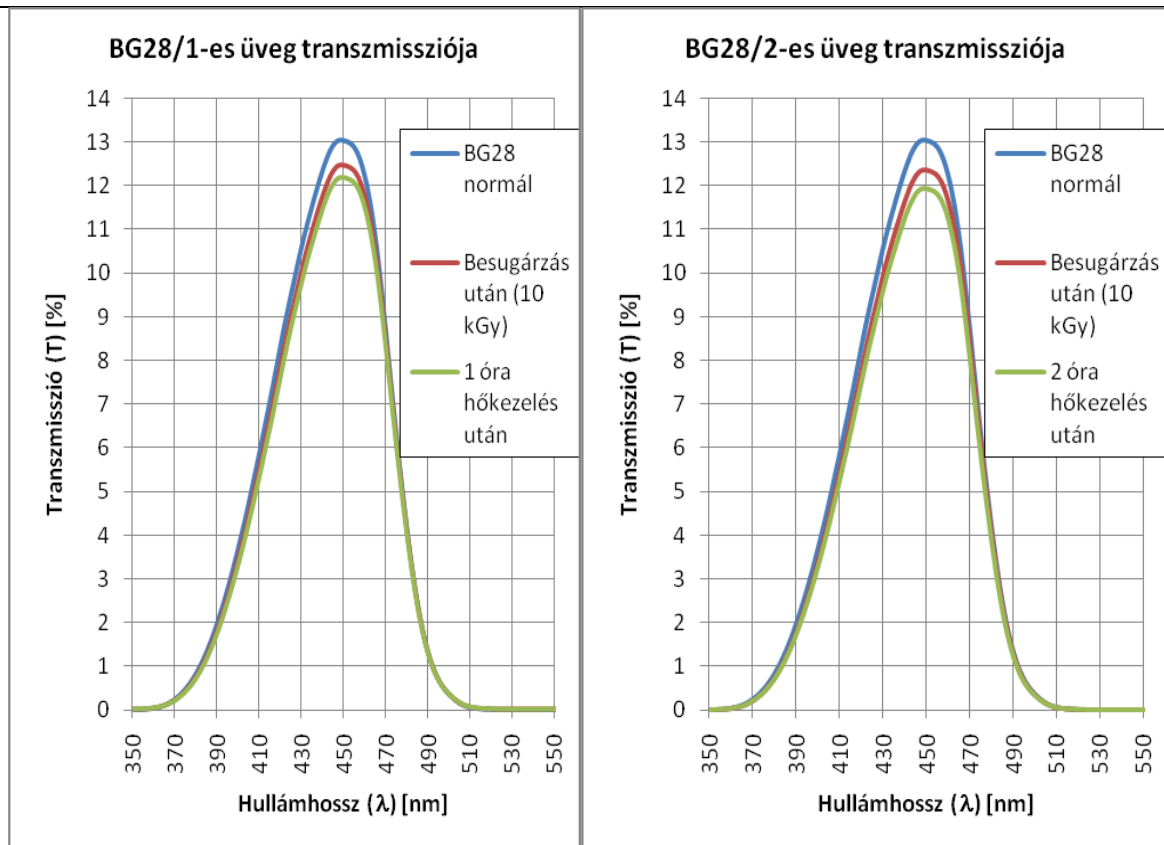


19. ábra BG28-as üveg transzmissziója⁶

A kis dózis miatt nagy változás nem várható. Besugárzás után a transzmissziók a következőképpen alakultak:

⁵ A doziméter mérési tartománya alatti érték, vagyis kisebb mint 500 Gy

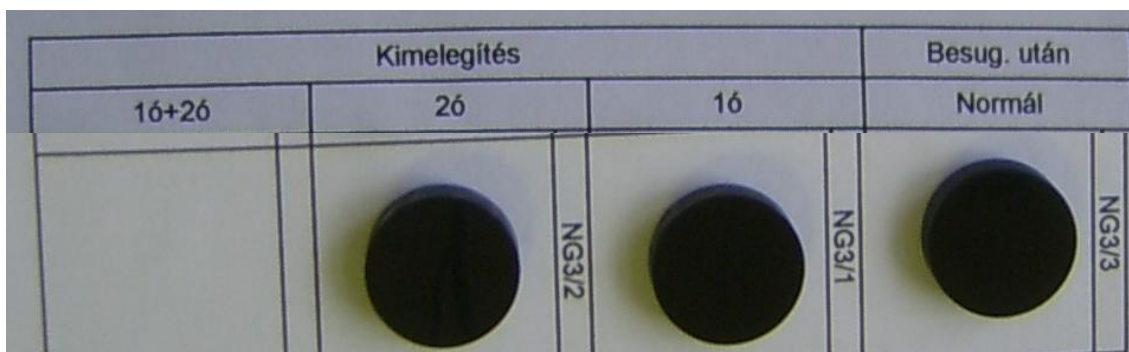
⁶ Mivel mindegyik mintám egy tömbből lett darabolva, ezért a besugárzás előtt elég volt egynek megmérni a transzmisszióját.



20. ábra BG28/1 és a BG28/2 minta transzmisszió alakulása 350 és 550 nm között

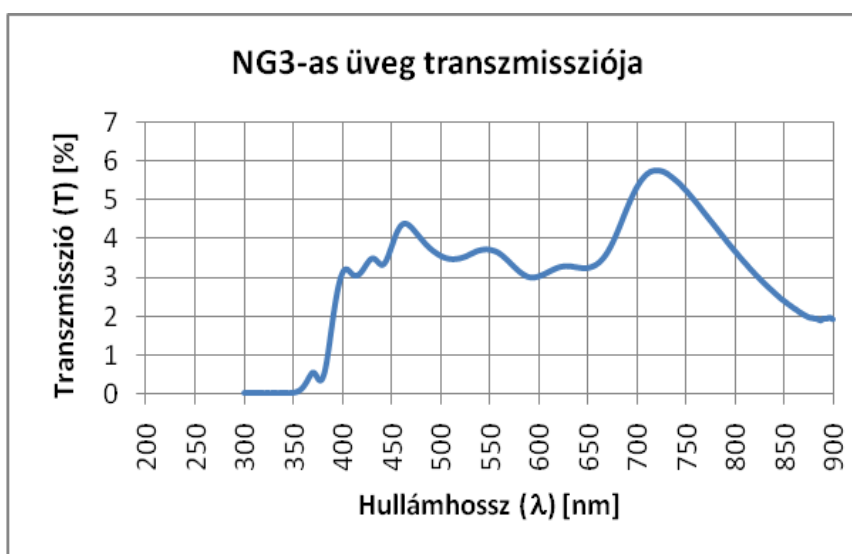
Meglepő, hogy a hőkezelés nemhogy javított, hanem inkább rontott az áteresztőképességen. Viszont figyelembe véve, hogy az egész változás a transzmisszió 1%-án belül mozog, így az esetleges mérési hibák, illetve egyéb szerkezet változások nagyobb szerepet kaphatnak, ezért mélyrehatóbb következtetést nem lehet levonni a kísérlet ezen pontján.

8.7. NG3 típusú minták vizsgálata



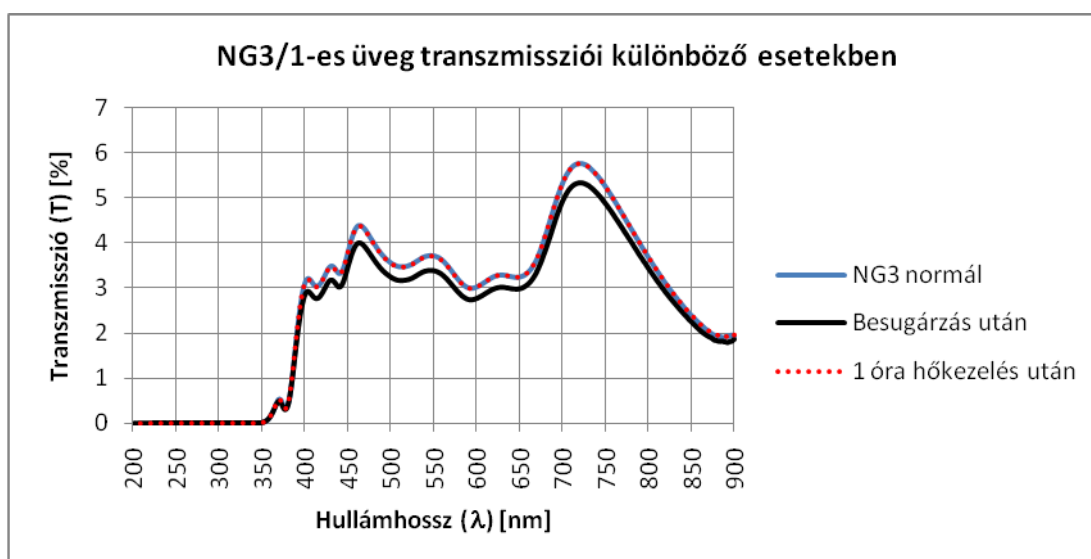
Az előző vizsgálathoz hasonló várható az NG3-as szűrőknél is , mivel az áteresztőképességük és az alkalmazott dózis is alacsony. A vizsgálat során alkalmazott dózisok és hőkezelések összefoglalója olvasható az alábbi táblázatban:

Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
NG3/3	500 Gy	nem kapott
NG3/2	10000 Gy	2 óra
NG3/1	500 Gy	1 óra



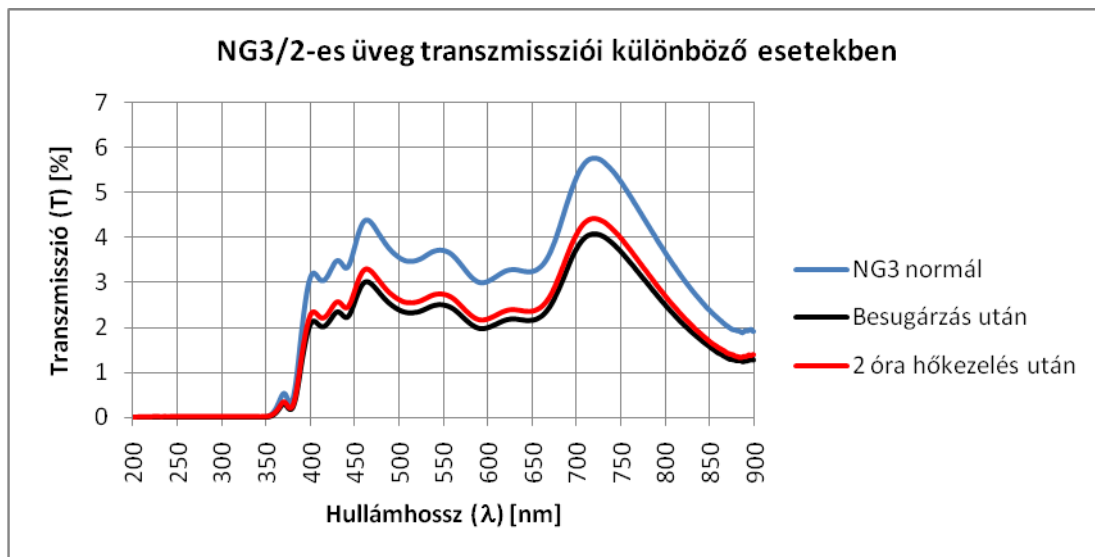
21. ábra NG3-as minta áteresztőképessége

A besugárzás és a hőkezelés hatásait az alábbi diagramok szemléltetik:



22. ábra NG3/1 minta transzmissziója

Itt a várakozással ellentétben 1 óra hőkezelés után gyakorlatilag vissza állt az eredeti állapot.

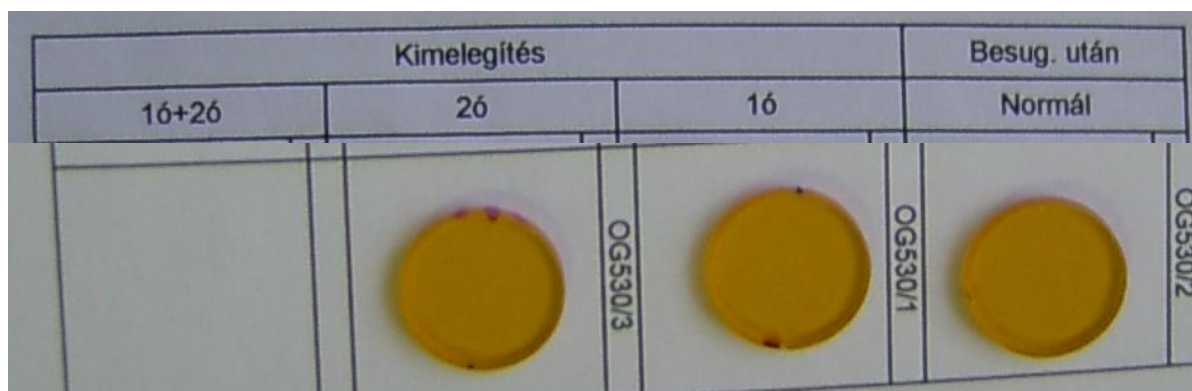


23. ábra NG3/2 minta transzmisszió változásai

Megfigyelhető, hogy a nagyobb dózis utáni hosszabb hőkezelés, akkora változást okozott, mint kis dózis és rövid hőkezelés esetén.

nem kell a ","

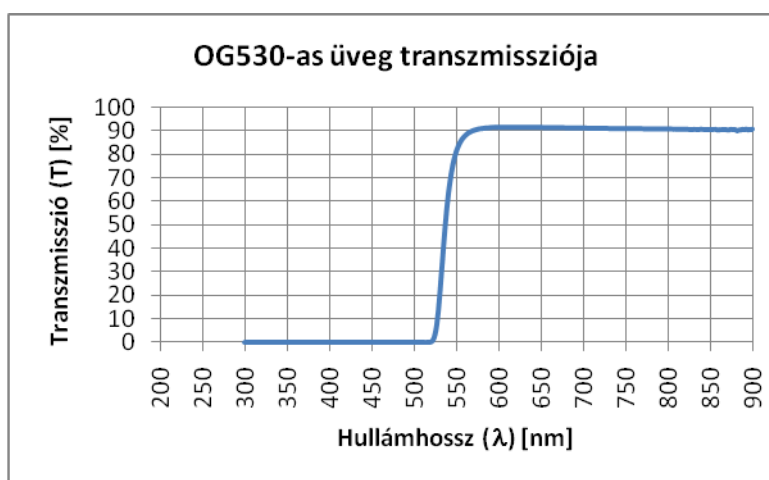
8.8. OG530 típusú minták vizsgálata



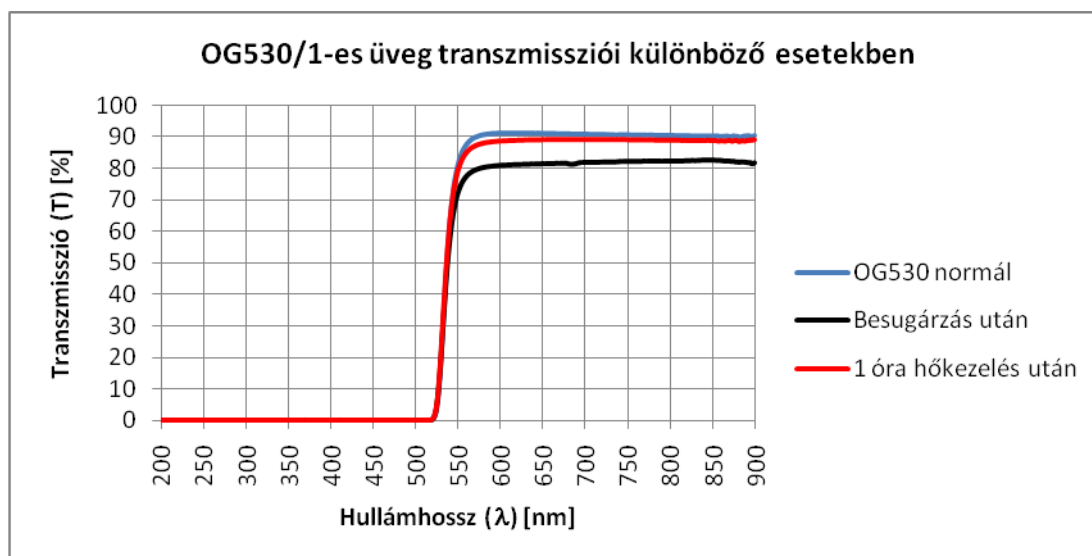
Annak ellenére, hogy itt szemmel látható lehetne a változás, nem tapasztaltam semmit, aminek ismét a kis dózis lehet az oka.

Összefoglaló táblázat a mintákon végzet behatásokról:

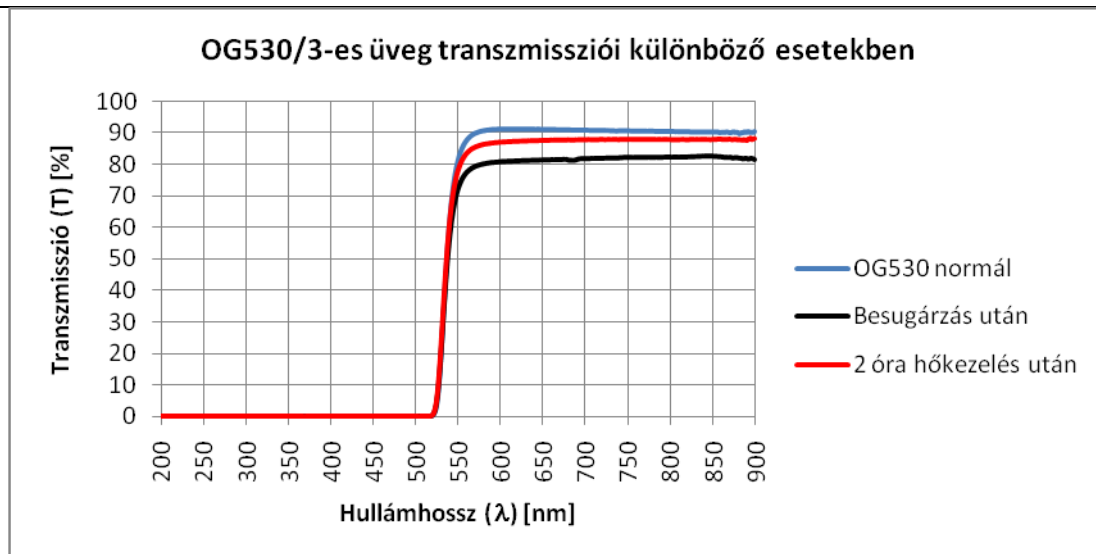
Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
OG530/1	10000 Gy	1 óra
OG530/2	10000 Gy	nem kapott
OG530/3	10000 Gy	2 óra



24. ábra OG530 minta áteresztőképessége 200 és 900 nm között



25. ábra OG530/1 minta transzmisszió változásai

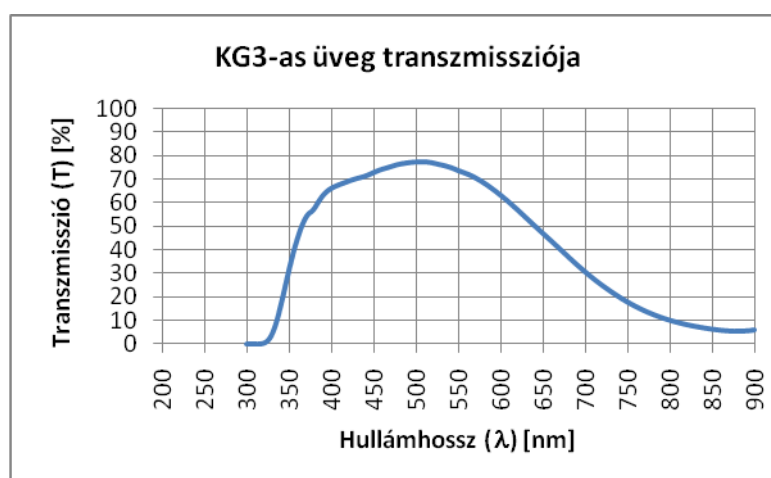
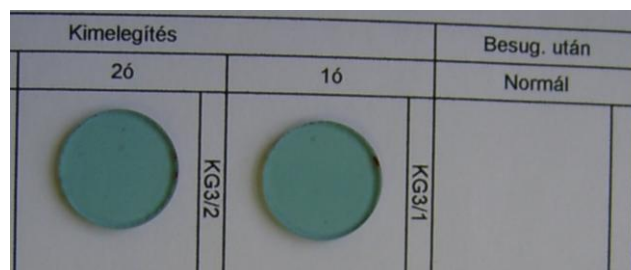


26. ábra OG530/3 minta transzmisszió változásai

Érdekes módon az azonos dózis után, a rövidebb idejű hőkezelés során jobban visszanyerte áteresztő-képességét az anyag, mint a hosszabb idejű hőkezelés esetében.

egyben írva

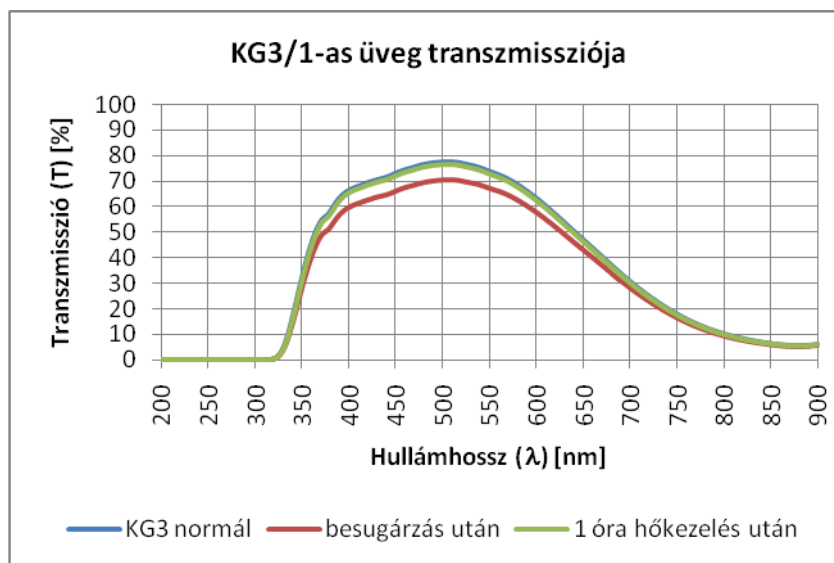
8.9. KG3 típusú minták vizsgálata



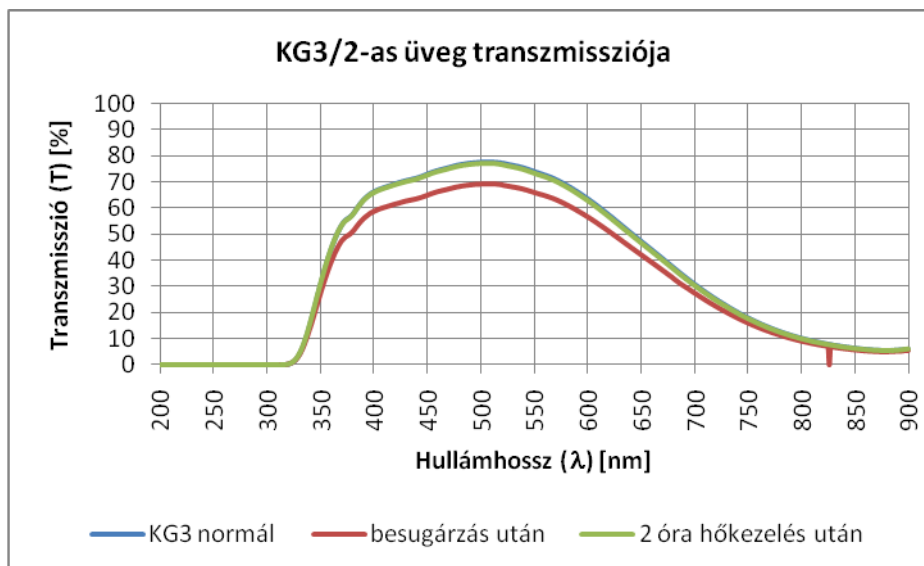
27. ábra KG3 minta áteresztőképessége

Ezeknél a mintáknál is hasonló viselkedést vártam, a korábbiakhoz képest.

Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
KG3/1	500 Gy	1 óra
KG3/2	500 Gy	2 óra



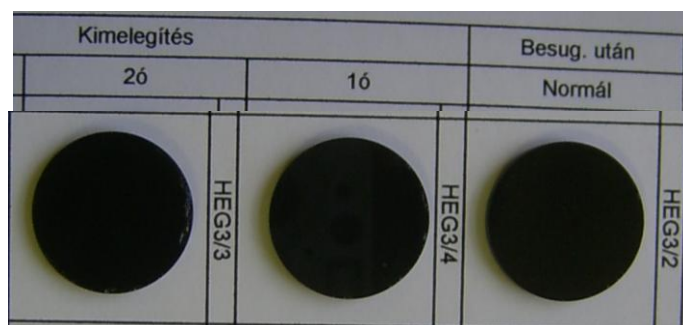
28. ábra KG3/1-es minta transzmissziója



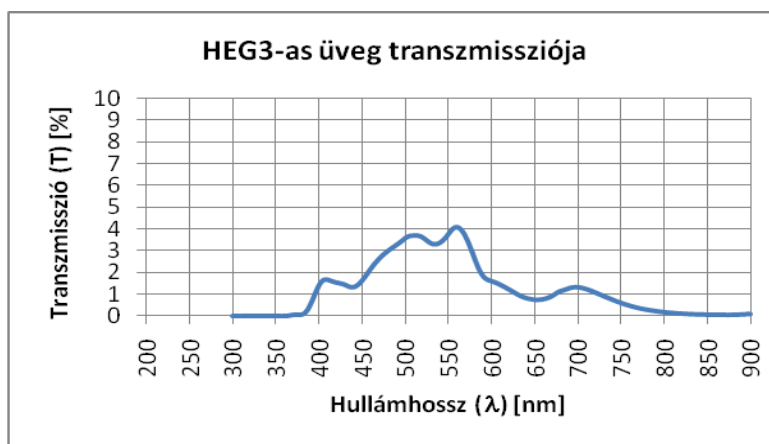
29. ábra KG3/2-es minta transzmissziója

Az 500 Gy dózist gyakorlatilag mind az 1 mnd a 2 órás hőkezelés ellensúlyozta, vagyis sikerült visszaállítani az eredeti áteresztő-képességet.

8.10. HEG3 típusú üvegek vizsgálata



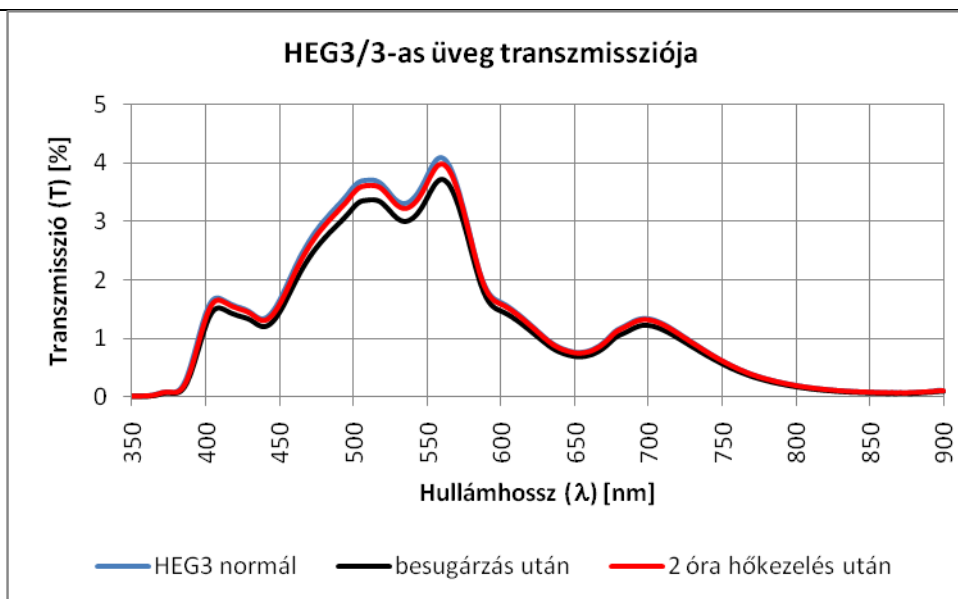
Hasonló viselkedés várható, mint az NG3-as üvegnél, mivel a transzmissziójuk hasonló, illetve a hasonló dózist kaptak.



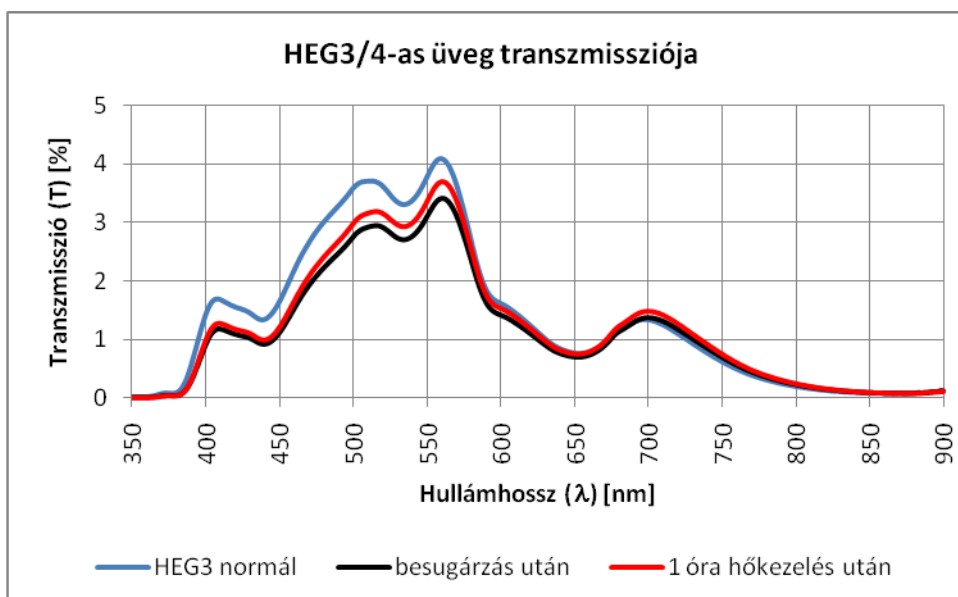
30. ábra HEG2 minta áteresztőképessége

Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
HEG3/1	10000 Gy	nem kapott
HEG3/2	10000 Gy	nem kapott
HEG3/3	10000 Gy	2 óra
HEG3/4	10000 Gy	1 óra

Hőkezelések hatása a transzmisszióra:



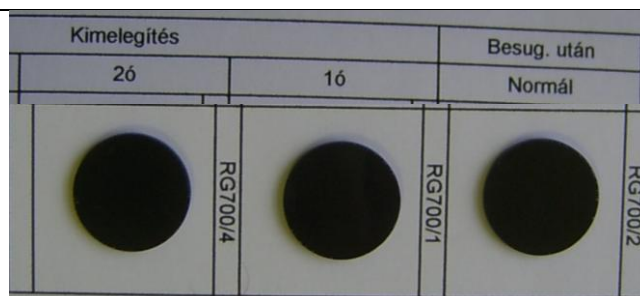
31. ábra HEG3/3 minta transzmissziója



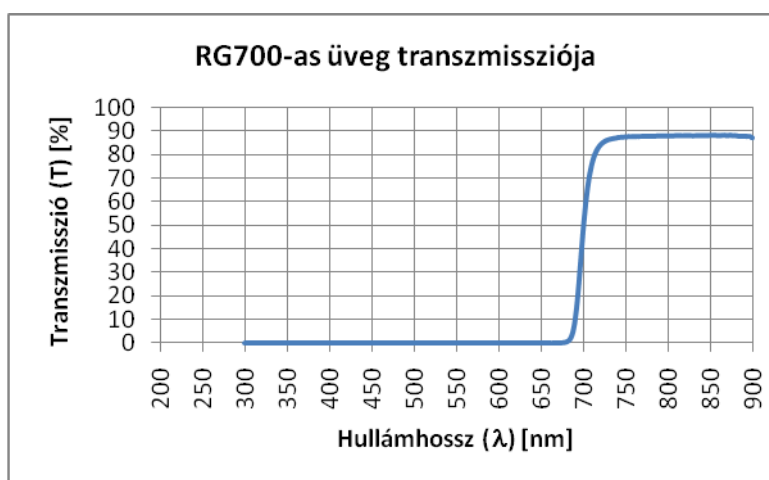
32. ábra HEG3/4 minta transzmissziója

A HEG3/4-es minta láthatóan nagyobb dózist kaphatott, legalábbis az eltérések alapján. A hőkezelés viszont mind az egy mind a két órás során ugyanazt a hatást érte el, 1-2%-ot. Ez nem jelenti azt, hogy a két hőkezelés megegyezne, mivel a dózis mértéke különböző volt.

8.11. RG700 típusú minták vizsgálata



Hasonló hatást vártam, mint a sárga OG530 típusú üveg mintáknál. De itt még előzőleg sem lehetett látni, hogy a változás minimális.

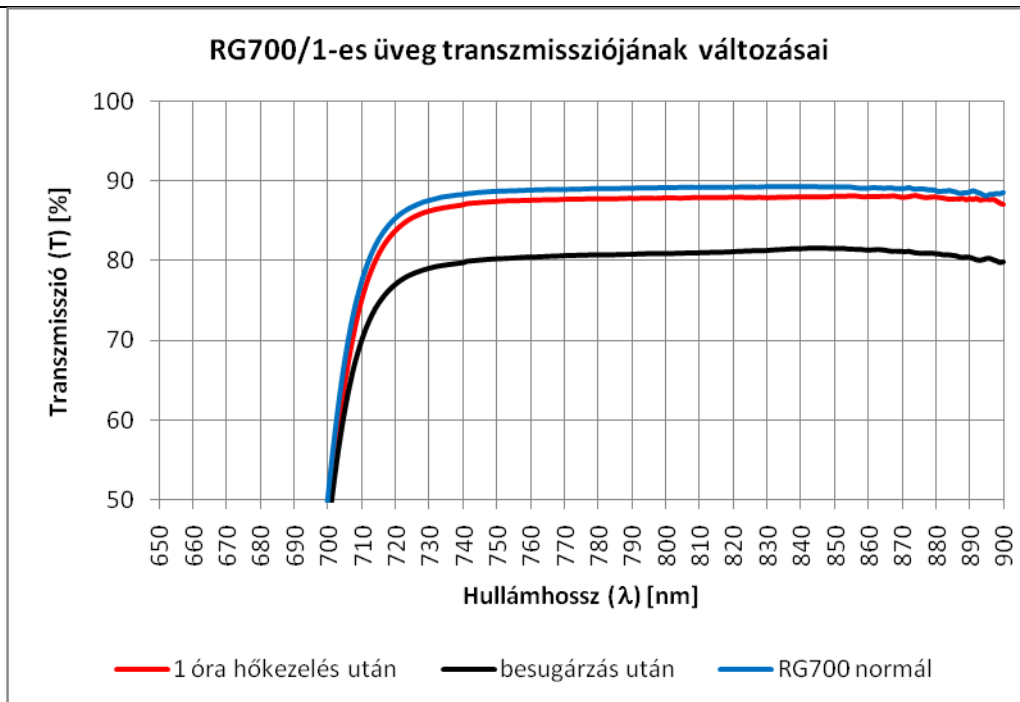


33. ábra RG700 minta áteresztőképessége

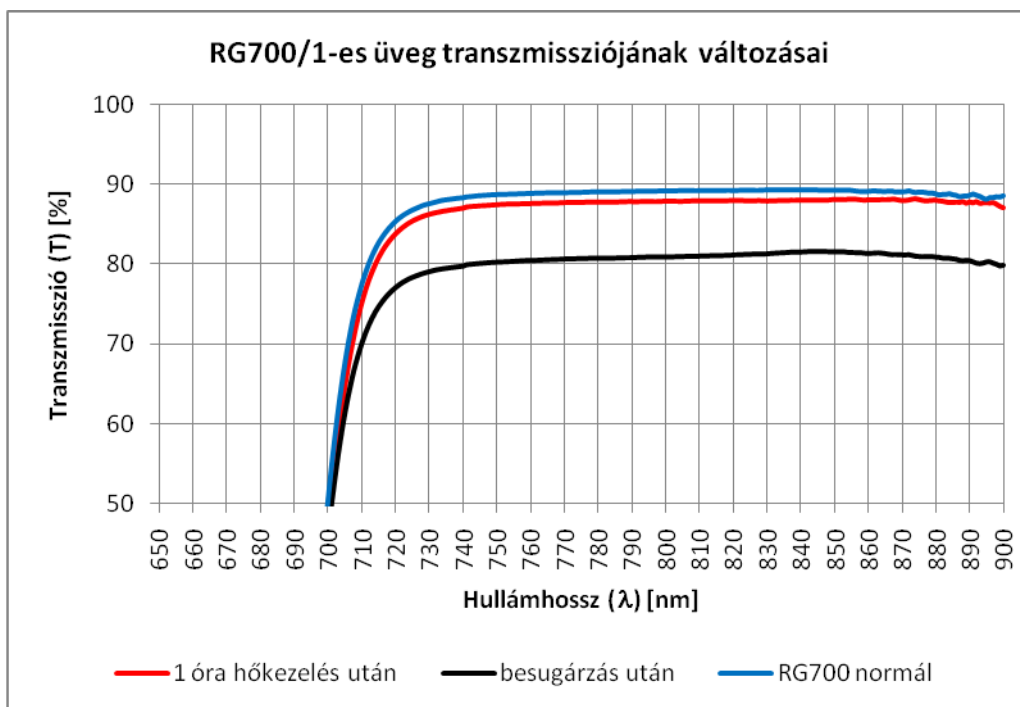
A típusonkénti vizsgálati módok:

Üveg azonosítója	Dózis 8 óra besugárzás alatt	Hőkezelés(ek) 150°C-os hőntartással
RG700/1	10000 Gy	1 óra
RG700/2	10000 Gy	nem kapott
RG700/3	n/a	nem kapott
RG700/4	500 Gy	2 óra

Az adatok kiértékelése szerint itt sem volt jelentősége a hőkezelés 1 vagy 2 órás voltának, a hatás ugyanaz volt, amiből valószínűsíthető, hogy a folyamat reverzibilis része az első, vagy az első két órában végbe megy.



34. ábra RG700/1 minta transzmisszió változásai 50-100% tartományban 650-900nm-ig



35. ábra RG700/2 minta transzmisszió változásai 50-100% tartományban 650-900nm-ig

9. Konklúzió, további kutatási célok

A kísérlet során kiderült, hogy lehet javítani a besugárzott üvegminék transzmisszióját hőkezeléssel. Továbbá az is megmutatkozott, hogy a hőkezelések ismétlésének nincs további javító hatása az áteresztőképességre, mivel a sugárzás által okozott „termolabilis rács hibák” stabillá váltak. Egyenes arányos összefüggés mutatkozik a sugárzott dózis és a hőkezelés hossza között, vagyis ha a dózis nagyobb volt, akkor a hőntartásnak is hosszabb ideig kell tartani. Ez magában foglalja a további kutatási irányt, azaz meghatározni e függvényt.

A ’színes’ üvegeket csekély gamma-sugárzás érte, ezért javaslom őket további vizsgálatra, mivel a bennük lévő bizonyos színező fémek⁷ hatással lehetnek mind a sugárzás, mind a hőkezelés hatására.

Optikai elemekről lévén szó egyre nagyobb teret nyernek a különböző polimerek az optikában, gondolhatunk itt a ’műanyag’ szemüveg lencsére, vagy különböző szűrő előtétekre. Ezek vizsgálatát is javaslom további kutatási célok közé

anyagok

⁷ Kobalt, Króm, Bór stb.

10. Köszönetnyilvánítás

E helyütt írok köszönetet a következő személyeknek, kik hozzájárultak a szakdolgozatom elkészültéhez:

Dr. G Szabó Istvánnak, konzulensemnek, amiért inspirálóan támogatott a kísérletek lebonyolítása közben, előtt és után;

Bujáki Krisztiánnak, az OMI Kft. dolgozójának, amiért az üvegminák megmunkálása során megosztotta velem tapasztalatait, illetve a jó zenei ízléséért;

Nagy Balázs Vincének, tanszéki konzulensemnek, mivel tapasztalatával és kapcsolatával segítette diplomám elkészülését;

Lehoczki Zsoltnak, a KFKI-AEKI munkatársának, mivel készségesen segített a minták besugárzása során mindenben, tapasztalatát megosztotta velem;

Dr. Lengyel Krisztiánnak és Dr. Kovács Lászlónak, amiért rendelkezésemre álltak a transzmissziómérések során, illetve használhattam a laborjukat a kísérlet során;

Fischer Évának, a Kristályfizikai Osztály dolgozójának, mivel az ő laborjukban végezhettem a kimelegítéseket;

KFKI konyhájának, amiért a kísérletek alatt finom ételekkel láttak el;

Az **OMI Kft. dolgozóinak** a jókedvükért;

Aspirán Katalinnak, barátnőmnek, mivel a dolgozat írása alatt türelemmel volt irántam.

Köszönöm.

11. Felhasznált irodalom

- [1] Kalmár Norbert (2006). *A gamma sugarak hatása az optikai elemek optikai tulajdonságaira*. Budapest: dissz. BME, diploma vagy szakdolg.
- [2] Dr. Földiák Gábor (1966). *Sugárhatáskémiai technológia*. Budapest: Tankönyvkiadó. 59-63.o..
- [3] Dr. Földiák Gábor (1977). *Atomerőművi vegyészmérnökök sugárhatáskémiája*. Budapest: Tankönyvkiadó. 5-12.o. és 35-40.o..
- [4] Wojnárovits László (2007). *Sugárkémia*. Budapest: Akadémiai Kiadó. -.
- [5] Heinz G. Pfaender (1980). *Schott Glaslexikon*. München: Moderne Verlags GmbH. -.
- [6] Lőcsei Béla (1959). *Üveggyártás*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó. -.
- [7] Dr. Kovács Lajos (1979). *Műanyag zsebkönyv*. 4th ed. Budapest: Műszaki Könyvkiadó. 463.
- [8] *Elektromágneses sugárzások*. Link: http://hu.wikipedia.org/wiki/Elektrom%C3%A1gneses_sug%C3%A1rz%C3%A1s . Last accessed 30 Okt 2009.
- [9] *Elektromagnetisches Spektrum*. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetisches_Spektrum . Last accessed 30 Okt 2009.
- [10] *Gamma-sugárzás*. Available: <http://www.rhk.hu/ismeret/sugarzas/sug5.htm> . Last accessed 11 Nov 2009.
- [11] *KFKI-AEKI*. Link: <http://www.kfki.hu> . Last accessed 6 Dec 2009.
- [12] *Optical Filters*. Link: <http://www.optical-filters.com/index.html>. Last accessed 7 Dec 2009.

13. Mellékletek:

- 1.sz. – Besugárzási terv, besugárzási lapok (1-8) tubusonként✓
- 2.sz. – Karbantartási napló részlet✓
- 3.sz. – Transzmisszió mérések?
- 4.sz. – Hőkezelés jegyzőkönyvei [kimel01-03]✓
- 5.sz. – Üvegminták adatlapjai, Schott katalógusból.✓
- 6.sz. – Besugárzási helyszínrajz, átmeneti tároló vázlata✓
- 7.sz. – Üvegminták műhelyrajzai, méretei✓