



Neumann János Egyetem
GAMF Műszaki és Informatikai Kar
Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék

Különböző ragasztóanyagok vizsgálata
térhálósodásának vizsgálata analitikai- és mechanikai
módszerekkel

Tudományos Diákköri Konferencia Dolgozat

Szerző: Kuti István
IX. Évfolyamos gépészmérnök hallgató

Témavezető:
Dr. Berczeli Miklós, adjunktus
Palásti Ferenc, Tanszéki mérnök

Kecskemét

2022

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTŐ.....	4
2.1. RAGASZTÓANYAGOK.....	4
2.1.1. Ragasztóanyagok történelme.....	5
2.1.2. A ragasztóanyagok típusai és fajtái	5
3. CÉLKITŰZÉS	15
4. VIZSGÁLT RAGASZTÓANYAGOK ÉS VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK ISMERTETÉSE	16
4.1. VIZSGÁLT RAGASZTÓANYAGOK	16
4.1.1. SIKAFLEX-252	16
4.1.2. DOWSIL 895	16
4.1.3. Soudal Fix ALL X-Treme Power Express.....	17
4.1.4. SIKAPOWER-1277	18
4.2. VIZSGÁLATI ELJÁRÁS ISMERTETÉSE	18
4.2.1. Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia	18
4.2.2. Vizsgálati eljárás leírása	20
5. EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK	23
5.1. SIKAFLEX-252.....	23
5.1.1. „A” minta.....	23
5.1.2. „B” és „C” minta párok	26
5.1.3. D” és „E” minta párok.....	31
5.2. DOWSIL-895	35
5.2.1. „F” és „G” mintapár.....	35
5.3. SOUDAL FIX ALL X-TREME POWER EXPRESS	39
5.3.1. „H” minta.....	39
5.4. SIKAPOWER-1277	41
5.4.1. „I” minta	41
6. ÖSSZEFOGLALÁS	44

1. Bevezetés

Néha nem is veszi észre az ember, de a körülöttünk lévő gépeket, épületeket, világot gyakran és egyre inkább gyakrabban ragasztóanyagok tartják a helyükön. Visszagondolunk életünk során szinte kizárt, hogy nem léptünk kapcsolatba valamilyen típusú ragaccsal vagy ragasztóanyaggal. Legyen az fenyőgyanta, amivel összeragasztottuk akaratlanul is az ujjaink vagy ragasztószalag, amivel megpróbáltuk megoldani a legtöbb technikai jellegű problémánk.

Kézenfekvő is ragasztót használni. Ellentétbe az alternatíváival a ragasztó valamilyen ponton biztos, hogy előnyösebb lesz, még ha az elsőre nem is tűnik olyan fontosnak. A sokoldalúsága miatt szerezz egyre több szerepet. Ilyen előny lehet az, hogy kis tömeggel rendelkezik vagy az, hogy egyszerű kezelni és használni.

A ragasztó anyagok piacának növekedése is erre enged következtetni. Az Future Market Insights adatai és előre jelzései szerint 2021-ben a ragasztókra való kereslet 52,9 milliárd amerikai dollár (USD) volt. Spekulációik szerint ez az érték 2022 végére 55 milliárd USD is értheti. 2030-ra pedig akár 78 milliárdot USD [30].

Építkezéseknél használt ragasztók piaca 2021-ben 9,1 milliárd USD- volt. Előrejelzések szerint elérheti akár a 14,5 milliárd USD-t is [31]. Autó iparban felhasznált ragasztók piaca 2021-ben 3,02 milliárd USD volt, ami a jelenlegi növekedéssel 5,3 milliárd USD-t [32].

A fentebb felsoroltokon túl az idő is fontos szerepet játszik. Míg a ragasztás nem feltétlen sorolható a gyors kötés módszerekhez, ezért a kutatásom során szeretnék megismerni néhány olyan ragasztót, amit építkezéseknél használhatnak és szeretném megismerni az anyag kötésének gyorsaságát más-más környezetekben.

2. Irodalmi áttekintő

2.1. Ragasztóanyagok

Gyakorlatilag minden szintetikus ragasztóanyag és bizonyos természetes ragasztóanyagok polimerekből állnak, amelyek olyan óriásmolekulák vagy makromolekulák, amelyek több ezer egyszerűbb molekulák, úgynevezett monomerek összekapcsolódásával jönnek létre. A polimer kialakulása (a polimerizációnak nevezett kémiai reakció) történhet egy "kikeményítési" lépés során, amelyben a polimerizáció a ragasztókötés kialakulásával egyidejűleg történik, vagy a polimer kialakulhat az anyag ragasztóként való alkalmazása előtt, mint a hőre lágyuló elasztomerek, esetében. A polimerek szilárdságot, rugalmasságot, valamint a ragasztófelületen való terjedési és kölcsönhatási képességet kölcsönöznek olyan tulajdonságokat, amelyek az elfogadható tapadási szintek kialakításához szükségesek[20].

- Az alábbiakban a ragasztott kötés előnyeit, illetve hátrányait szemléltetem.
- A ragasztott kötések előnyei:
- Kisebb a kötésből adódó többletsúly.
- Egyenletes feszültségeloszlás.
- A kötni kívánt anyagok nem károsodnak, anyagtulajdonságuk nem romlik vagy. változik. A ragasztott alkatrész nem nyúlik, vetemedik.
- Lehetséges a különböző anyagtulajdonságú darabok kötése.
- Rezgéscsillapító hatással rendelkezik.
- A kötések létrehozása, nincs hőmérséklethez kötve.
- Kitűnő tömítő tulajdonságokkal bír.
- Alacsony költségek.
- A ragasztott kötés hátrányai:
- Alapos előkészületet igényel a kötni kívánt felület előkezelése
- Ragasztó anyagtól függően szélsőséges hőmérsékleten romolhatnak a ragasztó és a kötés tulajdonságai
- Vannak UV érzékeny fajtái
- A kitérhálósodása, megkötése fajtától függően lehet nagyon gyors (pár perc) vagy nagyon lassú (pár nap)
- Egészségre ártalmas.

2.1.1. Ragasztóanyagok történelme

A ragasztás mai világban az egyik legelterjedtebb kötési módszer. A ragasztás szó hallatára valószínűleg mindenkinek a szintetikus úton előállított pillanat ragasztók jutnak elsőként az eszébe, de vannak természetes módon létrejött ragasztók is. A ragasztást az ember már évezredekkel ezelőtt ismerte és használta. Vannak leletek, amik bizonyítják múltját. Ilyenek például azon leletek, amiket Afrikában találtak, különböző fajta törött agyag edények, amiket fagyantával javítottak meg megközelítően Időszámításunk előtt 4000-ben.

A ragasztók térhódításában a II. világháború hatalmas szerepet játszott, leginkább a szintetikus anyagok szerepe felértékelődött, miképp a gyártók elkezdtek figyelembe venni ezek különböző tulajdonságait. Fazék időt, térhálósodás gyorsaságát, keménységüket, nyúlékonyságukat vagy a környezeti és vegyi ellenállóságukat[19][20].

2.1.2. A ragasztóanyagok típusai és fajtái

A ragasztóanyagok két alapvető csoportja a természetes vagy szintetikus, mesterségesen előállított. A ragasztó anyagok mind ember által létrejött készítmények, de a szintetikusok bázisa ellentétbe a természetes ragasztóikéval nem fordul elő a természetben. Gyakorlatilag minden szintetikus ragasztóanyag és bizonyos természetes ragasztóanyagok polimerekből állnak, amelyek olyan óriásmolekulák vagy makromolekulák, amelyek több ezer egyszerűbb molekula, úgynevezett monomerek összekapcsolódásával jönnek létre[5][18].

Természetes ragasztóanyagok

A természetes ragasztók elsősorban állati vagy növényi eredetűek. Bár a 20. század közepe óta csökkent a természetes termékek iránti kereslet, egyeseket közülük továbbra is használnak fa- és papírtermékekhez, különösen hullámkartonhoz, borítékokhoz, palackcímkékhez, könyvkötésekhez, kartonokhoz, bútorokhoz, valamint laminált filmekhez és fóliákhoz. Ezenkívül a különböző környezetvédelmi szabályozások miatt a megújuló erőforrásokból származó természetes ragasztók újból nagyobb figyelmet kapnak.

A legfontosabb természetes termékeket az alábbiakban ismertetjük. Fontos megjegyezni, hogy a természetes ragasztó is módosítva van kémiaiilag, de a bázisa a természetben megtalálható, ellentétbe a szintetikus ragasztó anyagok alapjául szolgáló polimereknek[5][18].

Állati eredetű ragasztóanyagok

Az állati ragasztó kifejezés általában az emlősök kollagénjéből, a bőr, a csont és az izom fő fehérjealkotójából előállított ragasztókra korlátozódik. Az állati eredetű ragasztót hagyományosan faillesztésre, könyvkötésre, csiszolópapír gyártására, nehéz gumírozott szalagok és hasonló alkalmazásokhoz használták. A nagy kezdeti tapadás ellenére, az állati ragasztó nagy részét módosították vagy teljesen felváltották a szintetikus ragasztók[5][18].

Kazeinenyvv

Ez a termék a tejből nyert fehérje, a kazein vizes lúgos oldószerben történő feloldásával készül. A lúgtartalom mértéke és típusa befolyásolja a termék viselkedését. A fa ragasztása során a kazeinragasztók általában jobbak a valódi állati eredetű ragasztóknál a nedvességállóság és az öregedési tulajdonságok tekintetében. A kazeint a festékek és bevonatok tapadási tulajdonságainak javítására is használják[5][18].

Véralbumin enyv

Az ilyen típusú ragasztó szérumfehérjéből készül, amely egy vérkomponens, Az albumin-víz keverékhez lúg hozzáadása javítja a ragasztó tulajdonságokat. A rétegelt lemeziparban jelentős mennyiségű vérből készült ragasztóterméket használnak fel[5][18].

Növényi eredetű ragasztóanyagok

Növényi ragasztók, különböző növények keményítő vagy cellulóz tartalmának kémiai módosításával jönnek létre. Ezen ragasztó fajtákat leggyakrabban a faiparban használják.

Keményítő és dextrin

A keményítőt és a dextrint kukoricából, búzából, burgonyából vagy rizsből nyerik. Ezek alkotják a növényi ragasztók fő típusait, amelyek vízben oldódnak vagy diszpergálódnak, és világszerte növényi forrásokból nyerik őket. A keményítő- és dextrinragasztókat hullámkartonban és csomagolásban, valamint tapétaragasztóként használják. Ezek közé tartoznak a csirizek[5][18].

Cellulózalapú ragasztók

A gyapothból vagy fából előállított cellulóz, további kémiai feldolgozásával készülő enyvek. Jelentős oldószertartalommal bírnak, így rendkívül gyúlékony. Nem környezetbarát ragasztóanyagok. Mérsékelten vízállóak, hőre lágyulnak (reverzibilis ragasztás), rugalmasak, közepes ragasztási szilárdságot biztosítanak. Elsősorban a kárpitosipar használja őket textíliák, bőrök fához történő ragasztásához.

Mesterségesen előállított, szintetikus ragasztóanyagok

Bár a természetes ragasztók előállítása olcsóbb, a legfontosabb ragasztók szintetikusak. A szintetikus gyantákon és gumikon alapuló ragasztók sokoldalúságban és teljesítményben kiemelkednek. A szintetikus anyagokat állandó mennyiségben és állandóan egységes tulajdonságokkal lehet előállítani.

Ezenkívül sokféleképpen módosíthatók, és gyakran kombinálják őket, hogy az adott alkalmazáshoz a legjobb tulajdonságokat ériék el. A szintetikus ragasztókban használt polimerek két általános kategóriába sorolhatók - hőre lágyuló műanyagok és hőre keményedő műanyagok. A hőre lágyuló műanyagok normál hőmérsékleten erős, tartós tapadást biztosítanak, és az alkalmazáshoz melegítéssel lágyíthatók anélkül, hogy lebomlanának.

A hőre keményedő rendszerek a hőre lágyuló műanyagokkal ellentétben tartós, hőálló, oldhatatlan kötéseket képeznek, amelyek nem módosíthatók degradáció nélkül. A hőre keményedő polimereken alapuló ragasztókat széles körben használják a repülőgépiparban[5][18].

Kontaktcementek

A kontaktragasztók általában neoprén oldószeres oldatain alapulnak. Azért kapták ezt a nevüket, mert általában mindkét ragasztandó felületre alkalmazzák. Az oldószer elpárolgását követően a két felületet erős, a nyíróerőkkel szemben nagy ellenállással rendelkezi. A kontaktcementeket széles körben használják gépjárműalkatrészek, bútorok, bőrárak és dekoratív laminátumok összeszerelésénél. Hatékonyak a műanyagok ragasztásában[18].

Olvadék-ragasztók

Olvadék-ragasztókat számos nem szerkezeti alkalmazásban alkalmazzák. Ezek a ragasztók hőre lágyuló gyantákon alapulnak, amelyek magas hőmérsékleten megolvadnak anélkül, hogy lebomlanának, és forró folyadékként kerülnek fel a ragasztandó anyagra. A leggyakrabban használt polimerek közé tartoznak a poliamidok, poliészterek, etilén-vinil-acetát, poliuretánok, A forró olvadékokat széles körben alkalmazzák az autóiparban[18].

Ultraibolya-keményítésű ragasztók

Ezek a ragasztótípusok általában egy monomerből és egy kis molekulatömegű prepolimerből állnak, amelyet egy fotoiniciátorral kombinálnak. A fotoiniciátorok olyan vegyületek, amelyek ultraibolya sugárzás hatására szabad gyökökké bomlanak le. A gyökök a monomer és a prepolimer polimerizációját indukálják, így befejeződik a ragasztóanyag kialakulásához szükséges lánchosszabbítás és térhálósodás. Az alacsony feldolgozási hőmérséklet és a nagyon gyors polimerizáció miatt az ultraibolya-keményítésű ragasztók

gyorsan fejlődnek az elektronika, az autóipar és az orvostechika területén. Ezek főként szilikonok, uretánok és metakrilátok akrilált készítményeiből állnak [5] [18].

Szerkezeti ragasztók

A szerkezeti ragasztók olyan ragasztók, amelyek általában jó teherbíró képességgel, hosszú távú tartóssággal, valamint hő-, oldószer- és fáradásállósággal rendelkeznek. Különböző faját lehetnek[5][18].

Epoxi ragasztók

Az epoxi ragasztók a leggyakoribb típusu szerkezeti ragasztó. Nagyon jó a legtöbb anyaghoz: fémekhez, műanyagokhoz, kompozitokhoz és kerámiákhoz. Az epoxigyanták viszonylag merevek, erősek és törékenyek, de módosított kémiai bázissal az ütésállóság kiváló lehet. Az epoxigyanták előfordulhatnak adhéziót biztosító anyagként számos más ragasztóanyagban[18].

- Két komponensűként szobahőmérsékleten kikeményednek vagy egy komponensűként magas hőmérsékleten.
- A kikeményedési idő lehet néhány perc vagy akár +24 óra is akár.
- Nagy szilárdság, alacsony törési alak változás.
- Jó hőállóság és kémiai ellenálló képesség.

Akril ragasztók (MMA)

Az akril ragasztók közé tartozik a MMA (Metil-metakrilát). A MMA-k a PUR és az epoxi ragasztók között helyezkedik el. Általában úgy vannak kialakítva, hogy a pontos értékeket elérjék.

Az anarebol és a cianoakrilát is az akril ragasztók közé sorolhatóak. A cianoakrilátok nagyon sokoldalú ragasztók, mivel a legtöbb anyaghoz jól tapadnak. Gyorsan kikeményednek, pár másodperc vagy pár percet vesz igénybe. Az anareob ragasztókat gyakran nevezik záró ragasztónak. Ezeket csavaroknál vagy csövek illesztésénél használják. Egy komponensű ragasztók, amik a fémmel érintkezve és oxigén hiányában térhálósodnak. Ez 10 perc és egy -két óra közé esik. A térhálósodás nem következik be, ha az oxigén és a fém ionok aránya nem meg felelő, a fémionok száma alacsony[5][18].

- Szobahőmérsékleten történő kikeményedés
- 2 komponensűek keveréssel keményednek, de vannak speciális típusok, ahol bázis- és szilárdítószerek külön-külön alkalmazzák és akkor reagálnak egymással, amikor összeadják őket
- Nagyon gyors kikeményedés érhető el néhány percen belül, akár órákon belül

- Közepes szilárdság és közepes igénybevétel, hiba esetén ezek a ragasztók nagyon alkalmasak különböző anyagok összekötésére.
- Számos kereskedelmi fajta némileg eltérő tulajdonságokkal
- Erős szaguk van

MS polimer ragasztók

MS polimer ragasztók alapja nem tartalmaz izocianátokat, mert egy úgy nevezett MS-t vagyis módosított szilánt tartalmaz. A szilikon és a PUR bázisu ragasztók alternatívájaként fejlesztették ki őket, mivel a szilikonok korlátozottan festhetőek, a PUR- ok pedig tartalmaznak izocianátokat és érzékenyek lehetnek az UV- fényre[5][18].

- Szobahőmérsékleten kikeményednek.
- Az egy komponensűek nedvesség hatására keményednek, ami napokig is eltarthat.
- A két komponensűek nagy keverési arányúak, órák alatt térhálósodik.
- Jó UV fény állóság
- Festhető
- Izocianát és szilikon mentes

Szilikon ragasztók

A szilikonragasztó egy sokoldalú, vízálló polimer, amelynek elsődleges összetevője a kvarcban található homok, a szilícium-dioxid. A szilikon kifejezés olyan polimerek csoportjára utal, amelyek sziloxán kötéssel kötődnek szerves vegyületekhez. Előállításuk a szilícium-dioxidból, más néven szilícium-oxidből történő izolálásával kezdődik.

A szilikon ragasztók számos pozitív tulajdonsága miatt kitűnő választássá váltak a legkülönbözőbb esetekben. A mérgező ragasztók nem mérgező alternatívájaként használhatóak. Az inert és sokoldalú szilikonragasztókat az iparágak széles skáláján használják a felületek rögzítésének és ragasztásának biztonságos módszereként. Mivel a szilikonragasztók biokompatibilisek, az orvostudományban gyakran használják kötszerragasztóként, amely könnyen tapad a bőrhez, és szoros tömítést hoz létre a fertőzések megelőzése érdekében, de könnyen eltávolítható anélkül, hogy maradványokat hagyna maga után.

Kiváló kémiai stabilitásuknak, valamint az időjárással és nedvességgel szembeni ellenállásuknak köszönhetően hosszú élettartamúak. Függetlenül a felület

típusától, legyen az fém vagy bőr, a szilikonragasztók erős, tartós kötést képeznek[1][2][5].

- Szobahőmérsékleten száradás
- 1-komponensűek nedvességgel térhálósodnak, 2-komponensű, keveréssel.
- A kikeményedési idő viszonylag lassú, a néhány órától akár napokig is eltarthat
- Kicsi zsugorodás a kikeményedés során
- Közepes szilárdság
- Jó tapadás a legtöbb anyaghoz
- Nagyon jó hőállóság
- Jó ellenállás a vegyi anyagokkal szemben és környezeti hatások
- Általában nem festhető

Olvadék ragasztók

A forróolvadék ragasztók hőre lágyuló műanyagokból állnak. Amelyeket felmelegítve alkalmaznak, majd szobahőmérsékleten megmerevednek és megszilárdulnak. Ezeknek a ragasztóknak alacsony a viszkozitása alkalmazási hőmérsékleten, 100-250 °C-on. Nem lépnek reakcióba az anyaggal, így a ragasztás a ragasztáson alapul. Viszonylag gyenge kohéziós erőkre támaszkodik.

A forróolvadék-ragasztók előnyösek a következő szempontból munkahelyi egészségügyi szempontból, mivel nem oldószereket tartalmaznak, és kémiaiilag nem reakcióképesek. A forróolvadék alkalmas lehet alumíniumhoz és tömítő alkalmazásokhoz. A ragasztó felhordható szilárd formában, például fóliaként vagy fóliaként a fémre, amelyet a kötés kialakításához felmelegítenek. A felület (pl.alumínium) előmelegítése is lehet egy olyan módszer, amellyel növelhető a ragasztó nyitott szerelési idejét [5] [18].

- Rövid rögzítési idő hűtés/megszilárdulás
- Szobahőmérsékleten megszilárdulnak
- Alacsony szilárdság és gyengehőállóság
- A melegítése az újra olvadásához vezet
- Korlátozottan használható fémeken

Poliuretánok (PU)

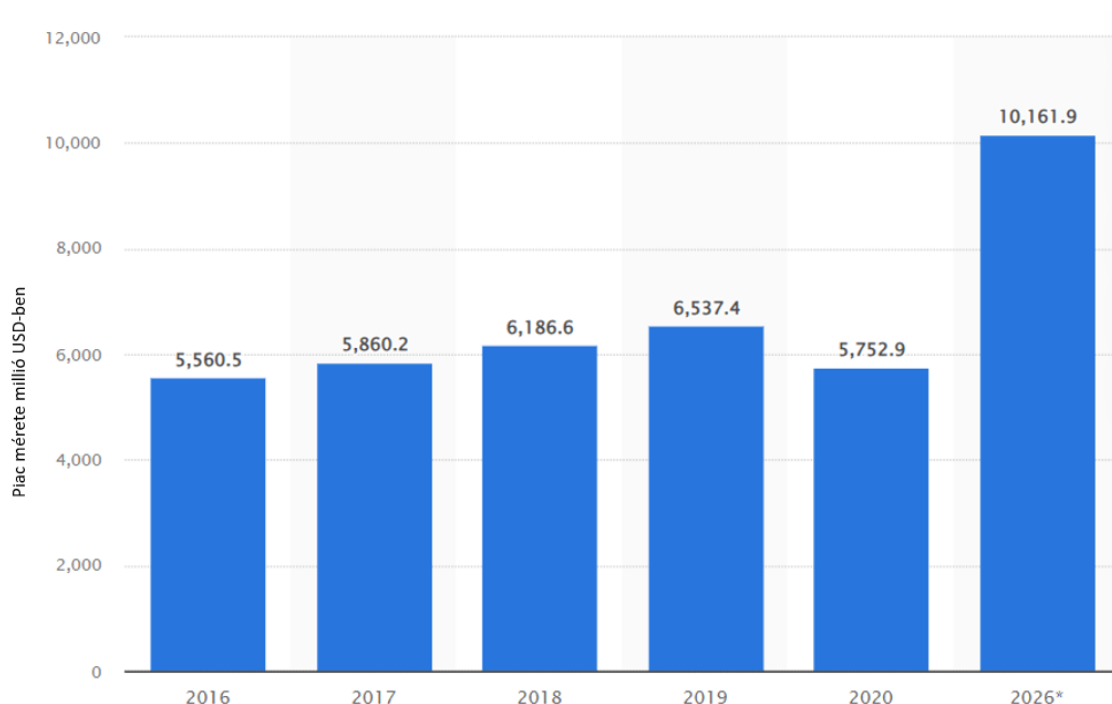
A poliuretán ragasztók leginkább rugalmas ragasztó anyagként vannak jelen.

A legtöbb nem fémes anyaghoz jól tapadnak. Fémeknél ez a hatás változó lehet, de az adhézió javítható primer, alapozó felkenésével vagy az adott felület mechanikai vagy kémiai felület kezelésével. Alacsony hőmérsékleten hajlamosak kikeményedére.

Szobahőmérsékleten kikeményednek, az egy komponensű fajtái páratartalom indikáltak, így annak növelésével felgyorsítható. A két komponensűek nedvesség vagy alkohol hatására vagy egy adott keverékként térhálósodik ki[5][18].

- Jó ütésállóság, és nagy rugalmasság
- Jól alkalmazhatóak műanyagokon.

Statista adatai és előre jelzése szerint a kereslet a PU ragasztó és szigetelő anyagok iránt 930 tonnát is meghaladhatja. Az alábbi diagramon (1. ábra) is azt jósolják, hogy a ragasztók piacának mérete is közel kétszeresére nőhet[29].



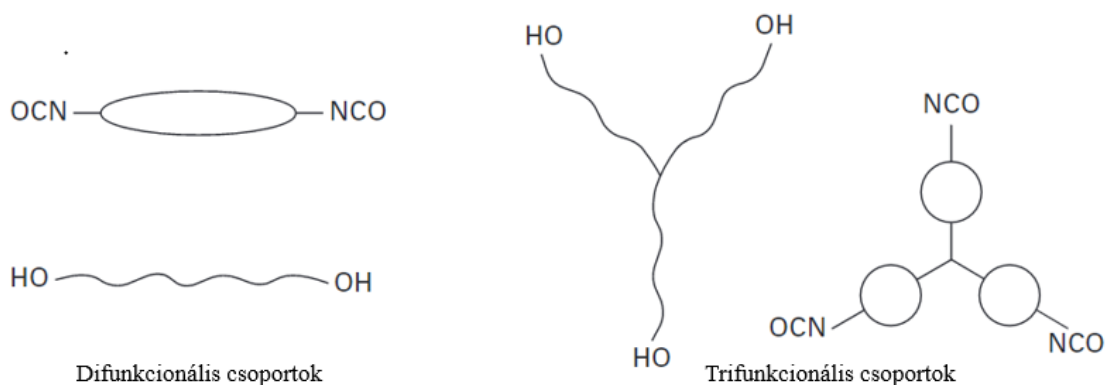
1. ábra Poliuretán ragasztó piaci mérete világszinten 2016-tól 2026-ig [29]

A modern poliuretán ragasztókat egyre gyakrabban használják szerkezeti kötési alkalmazásokban, mivel fontos előnyöket nyújtanak a csillapítás, az ütés, a fáradás és a biztonság szempontjából, amelyek kritikus tényezők az autóiparban.

A tartósságot nemcsak a ciklikus terhelés, hanem a környezeti tényezők, például a hőmérséklet, az UV-sugárzás, a vegyi anyagok, az oxigén és az oldószerek is befolyásolják. Általában a nedvességnek van a legnagyobb hatása. Bediffundál a polimer mátrixba és lágyítóként hat, illetve hosszú távon befolyásolja a tapadást az aljzatokon. A poliétert gerincpolimerként tartalmazó poliuretánok általában magas diffúziós sebességgel rendelkeznek a nedvességgőz számára. Ez tapadási problémákhoz vezethet fémeknél, mivel a tapadás a felületen lévő fémoxidon történik. Ezt az oxidréteget a nedvesség behatolása

megtámadja, ami hosszú távon tönkreteszi az oxidréteget, ha nem védi megfelelően a megfelelőfelületkezelés[6][7].

A PUR-ragasztó nagy része meglehetősen érzéketlen a nedvesség behatolására. A nedvességgel keményedő ragasztóknál a nedvességgel való telítődés nem vezet értékek csökkenéséhez. A PUR ragasztók kemény és lágy szegmensekből állnak. A lágy szegmensek általában hidroxilvégződésű poliészter, poliéter, polibutadién vagy poliizobutilén polioloiból származnak, míg kemény szegmensek izocianátokat és diamin lánchosszabbító részeket tartalmaznak. A HS-tartalom növelése általában növeli a rugalmassági modulust és csökkenti a nyúlást. Ezért ennek a két típusnak változtatásával változtatható az PUR ragasztók tulajdonságai.



2. ábra Di- és Tri-funkcios végződés[6][5]

A poliuretánok főként difunkciós és trifunkciós OH végződésű molekulákból épülnek fel, a 3. ábrán látható, amelyek di- vagy triizocianátokkal reagálnak. a lánc hossza és merevsége határozza meg a végső polimer mechanikai tulajdonságait. A lánc állhat poliéterekből, ami rugalmassá és hidrofíllé teszi őket, poliészterekből, amelyek nagyobb merevséget biztosítanak, polikarbonátokból vagy más OH- vagy NH-végződésű molekulákból[5].

A háromfunkciós molekulák koncentrációja, amely lehet akár az OH-, akár az izocianát komponens, meghatározza a térhálós kötéssűrűséget, ez befolyásoló tényező a merevségttekintetében. Egy szerkezeti ragasztónak trifunkciós csoportokkal kell rendelkeznie, hogy garantálja a kovalens háromdimenziós hálózatot, különben hőre lágyuló tulajdonságokkal rendelkezne.

Az aromás izocianátokon alapuló PUR-ragasztók nem állnak ellen az UV-sugárzásnak. Ha az ilyen készítményeket UV sugárzásnak teszik ki, akkor vagy le kell árnyékolni őket a

fénytől, vagy jó UV-stabilizáló rendszert kell használni. Az üvegre történő ragasztás ezért kritikus, mert az UV-sugárzás tönkreteszi a tapadási zónát.

Bizonyos helyeken kiemelet szerepet játszik a keményedés okozta térfogatzsugorodás. Ha egy vastag ragasztóréteg a kikeményedés során a távolságtartók vagy egyéb tervezési korlátok miatt nem szabad elmozdulnia vagy nem képes rá, a zsugorodás jelentős feszültséget okoz, ami csökkenti a kötés teherbíró képességét. A prepolimereken alapuló PUR-ok zsugorodása és hőfejlődése a kikeményedés során kisebb.

A ragasztók építőelemei is eltérő reakcióképességgel rendelkeznek, és ezen reakció sebességeknek beállításához katalizátorokra van szükség. Viszont a túl gyors reakciók a nedvesedésnél problémákat okozhatnak, mivel a folyékony ragasztónak először teljesen meg kell nedvesítenie a felületet a tapadás eléréséhez, mielőtt megszilárdulna, és ha a megszilárdulás gyorsabb, mint a nedvesedés, a tapadás jelentősen csökkenhet [5][6][10].

A 2 komponensű PUR-ragasztók reakcióképessége

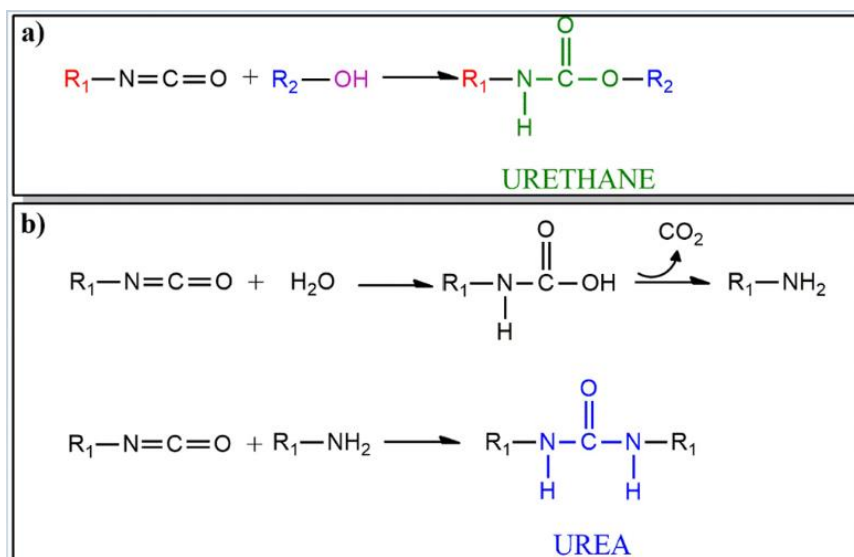
Általában megkülönböztetünk 1 komponensű és 2 komponensű PUR-ragasztókat. Minden PUR-ragasztó izocianátcsoportokat tartalmaz, amelyek NH- vagy OH-funkciós csoportokkal reagálnak, és keresztkötéses hálózatot hoznak létre, így mindig legalább két reakciópartner van, amelyek a végső ragasztó polimert alkotják. A két komponens szétválasztásának legegyszerűbb módja, ha külön tároljuk őket, és használat előtt összekeverjük a komponenseket. A kikeményedés sebessége a reakciópartnerek reakcióképességétől és a katalizátor mennyiségétől függ, és ez a kívánt gyártási időhöz igazítható.

A nyitott idő általában 10 perc és 2 óra között változik, és erősen függ a hőmérséklettől. A kikeményedési idő ezután nagyjából tízszer hosszabb, és szintén erősen befolyásolja a hőmérséklet[5].

A nedvességgel keményedő ragasztók reaktivitása

A szerkezeti ragasztás korábbi meghatározása alapján az 1komponensű PUR-ok adják a legtöbb ragasztót a szerkezeti ragasztási alkalmazásokhoz. Az egykomponensű poliuretán ragasztók a hagyományos szerkezeti ragasztók kiváltása képen működnek. Ezek általában nedvességre keményedőek, ami azt jelenti, hogy a vízzel, mint „második komponenssel” reagálnak.

Az 1 komponensű nedvességgel keményedő PUR-ok könnyen alkalmazhatók és sokféle alkalmazásban használhatók, hogy a folyamatos fejlesztésekkel tovább javították ezeket a ragasztókat, csökkentve a bennük rejlő hátrányokat[6][13].



3. ábra A reakció egyenlete

A nedvességgel kikeményedő ragasztók kikeményedése a nedvességnek a ragasztóba történő diffúziója révén történik, és ezt a folyamatot csak a vízdiffúzió sebessége szabályozza, amely szintén függ a hőmérséklettől és a páratartalomtól, valamint a hidrofíl/hidrofób tulajdonságoktól 4. ábrán látható. A nedvességgel kikeményedő ragasztóanyag térhálósodási reakciójának felgyorsításához vizet kell hozzáadni. Ez nem egyszerű, mert egy víztaszító, nagy viszkozitású anyagba még nagyon kis mennyiségű vizet is nehéz belekeverni, de egy speciálisan összeállított víztartalmú paszta (booster) hozzáadásával megvalósítható. A páratartalmon keresztül lassan, booster nélkül is megtörténik a keményedés.

A booster rendszerek akkor használandóak, ha vastag kötősvonalakra van szükség olyan anyagoknál, amelyekben nincs vagy lassú a vízgőz diffúziója. Az ilyen alkalmazásoknál felmerülő probléma lehet a buborékképződésre való hajlam, amelyet a nagy mennyiségű vízzel történő gyors kikeményedés okoz[6].

3. Célkitűzés

A ragasztóanyagokra nagy hatással vannak a közvetlen körülötte lévő környezeti tulajdonságai. Ilyen például az én általam elsődleges ragasztóként kezelt PUR típusú ragasztó is, mely a környezeti páratartalmának növekedésével gyorsabban térhálósodik ki.

A környezeti páratartalmon kívül még befolyásoló tényező a hőmérséklet, bár ez a kétkomponensű ragasztó anyagoknál nagyobb szerepet játszik.

A fent említett két tényezőn kívül, mint harmadik gyorsító tényezők a boosterek, de ezek opcionálisak. Booster nélkül a folyamat bár lassabban és lehet, hogy nem teljesen, de végbe megy, de a reakció se víz (páratartalom), se egy minimális hőmérséklet alatt nem megy végbe. A kísérleteim alatt boosterek segítségét nem vettem igénybe.

A kutatásom célja a különböző térhálósodások gyorsaságának megvizsgálása.
Különböző ragasztók és a kitűzött vizsgálatok:

Sikaflex-252

1 komponensű PUR szerkezeti ragasztóanyag szobahőmérsékleten, szobahőmérsékleten és ~30 % páratartalom mellett térhálósított, szobahőmérsékleten és ~100 % páratartalom mellett térhálósodott ragasztók reakció sebességének összehasonlítás.

Dowsil 895

1 komponensű szilikonos tömítőragasztó, ragasztóanyag szobahőmérsékleten és ~30 % páratartalom mellett térhálósított, és a szobahőmérsékleten ~100 % páratartalom mellett térhálósodott ragasztók reakció sebességének összehasonlítás.

Soudal Fix ALL X-Treme Power Express

SMX 1 komponensű SMX hybrid ragasztó Reakció sebességének vizsgálat.

Sikapower-1277

2 komponensű (epoxi és amin) szerkezeti ragasztó reakció sebességének vizsgálata.

4. Vizsgált ragasztóanyagok és vizsgálati eljárások ismertetése

Ebben a részben a felhasznált ragasztóanyagok és a vizsgálati módszerek és körülményeik kerülnek bemutatásra.

4.1. Vizsgált ragasztóanyagok

4.1.1. SIKAFLEX-252

A Sikaflex-252 a szerkezeti ragasztók közé tartozik. A ragasztóanyag egy komponensű poliuretán (PU), ami a nedvességre térhálósodik ki. Dinamikus terhelésnek kitett ragasztásra alkalmas. Sok oldalúan alkalmazható különböző anyagú alapfelületekre, mint például fa , műanyag, kerámiák, alumínium, acél és más fémek. Ezen felül még jó rezgés csillapító, elektromosan sem vezető képes és nagy szakadási nyúlással rendelkezik.

A sikaflex-252 ragasztó kötése nem tartozik a leggyorsabban kötő ragasztóanyagok közé, de még a gyorsakhoz sem, mivel a nedvességre köt meg[26].



4. ábra Sikaflex-252

4.1.2. DOWSIL 895

Dowsil 895 egy szerkezeti tömítő ragasztó, leginkább üvegezéshez. Ez egy komponensű szilikon ragasztó anyag. Acél és alumíniumok felületére jól alkalmazható. Ózon álló és szagtalan. Nagyon nyúlékony és kitűnően megtartja a tulajdonságait alacsony és magas hőmérsékleteken.

Mivel az ez ragasztó is a nedvességre térhálósodik, ezért ez is lassan éri el a teljes terhelhetőséget[27].



5. ábra Dowsil 895

4.1.3. Soudal Fix ALL X-Treme Power Express

Soudal Fix ALL X-Treme Power Express egy egy komponensű ragasztó. A Soudal fejlesztése által kifejlesztett SMX hibrid polimer ragasztók egyike. Szagtalan anyag. Viszonylag nagy szakadási nyúlással rendelkezik. Gyenge ellenállás az aromás oldószerekkel, koncentrált savakkal és klórozotszénhidrogénekkel szemben. Jó ellenállás a vízzel, alifás oldószerekkel, ásványi olajokkal, zsírok, hígított szervesetlen savakkal és lúgokkal szemben.

Ez a ragasztó is a nedvességre térhálósodik, de az előző kettővel ellentétben gyorsan eléri a már terhelhető állapotát[28].



6. ábra Fix ALL X-Treme Power Express

4.1.4. SikaPower-1277

SikaPower-1277 egy epoxi amin két komponensű ragasztó anyag. Alkalmas fém felületek, mint például acél és alumínium, továbbá kompozit alapfelületek, mint üveg és szénszál merevítésű laminátok magas szilárdságú és magas ütésállóságú (szívós) ragasztására. Magas szerkezeti és magas ütésállósági tulajdonságokkal rendelkezik. Korrozíógátló alkotórészeket tartalmaz

Szobahőmérsékleten térhálósodik. A kötés hővel gyorsítható, térhálósodás közben alkalmazott hő a mechanikai tulajdonságokat növeli[25].

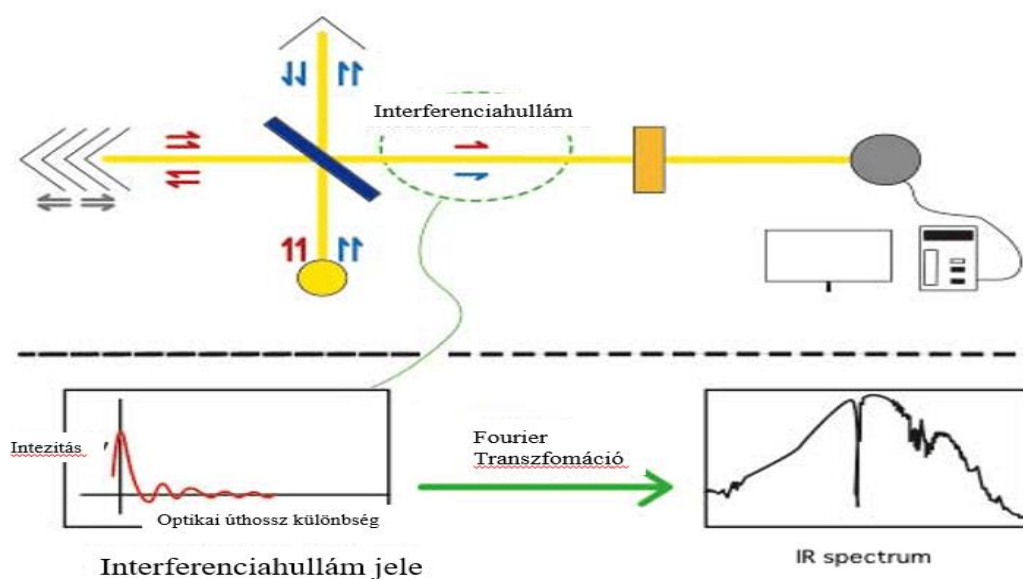


7. ábra SikaPower-1277

4.2. Vizsgálati eljárás ismertetése

Ebben a részben a mérés menetét és a technikai háttérét írom le. Illetve a FTIR vizsgálatnak elméleti háttérét.

4.2.1. Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia

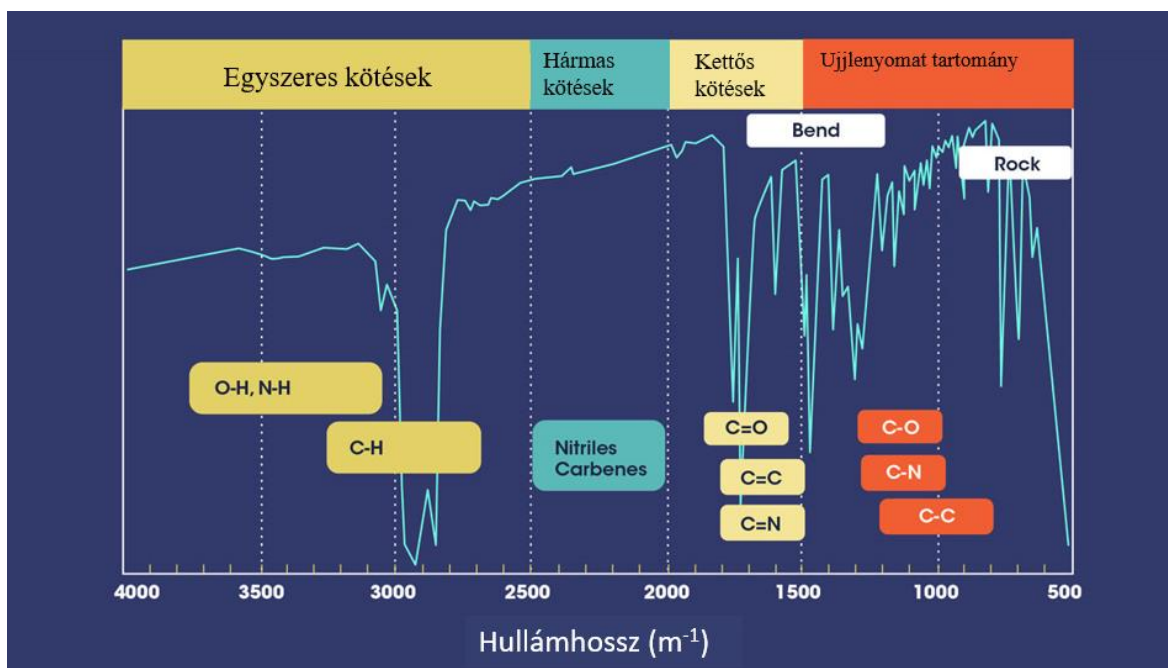


8. ábra FTIR-spektroszkópia műszerfelépítése[24][22]

A **Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia (FTIR-)** olyan analitikai mérési módszer, melynek segítségével szilárd, anyagok abszorpció, emisszió, fotokonduktív vagy Raman-szórásának infravörös spektrumát határozzák meg. Az FTIR-spektrométer széles spektrális tartományban gyűjt egyidejűleg spektrális adatokat. Ez lényeges előnyt jelent a diszperziós spektrométerekkel szemben, melyek a spektrális intenzitást egyidejűleg csak egy szűk hullámhossztartományban képesek mérni. Emiatt az FTIR-technika kiszorította a diszperziós spektrométereket, melyeket ma már jobbra csak a közeli infravörös tartományban használnak, továbbá új alkalmazási lehetőségeket nyitott meg.

A Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia kifejezés arra utal, hogy a nyers adatoknak tényleges spektrummá alakításához a Fourier-transzformációt alkalmazzák[23].

A 10. ábrán különböző atomcsoportok elhelyezkedése látható a hozzájuk tartozó hullámhosszon.



9. ábra A főbb funkciós csoportok által létrehozott IR-sávokat és az egyes vegyületekre jellemző ujjlenyomat-területek

Az általam használt berendezés egy JASCO 4600 FT-IR típusú mérőeszköz. Melynek a mérési tartománya $7800\text{--}350\text{ cm}^{-1}$ között van. Felbontása maximum $0,7\text{ cm}^{-1}$. Transzmissziós és reflexiós mérésre is alkalmas. Rapid scan funkcióra képes (maximum 7-8 mérés másodpercenként).

4.2.2. Vizsgálati eljárás leírása

A vizsgálataim során a ragasztó anyagok térhálósodásának gyorsaságát, a reakció sebességét kívántam megismerni. Különböző típusú készítmények kötés gyorsaságának egymástól való eltérése és az adott egy komponensű ragasztók (PU, szilikon), amik nedvesség hatására kötnek meg, milyen térhálósodási sebességet érnek el eltérő pára tartalmú közegekben.

A mintákat polietilén fóliára, amiknek hátérként felvettem a spektroszkópiáját, hogy pontos legyen minden minta mérése kerültek elhelyezésre, éminden egyes minta egy - egy fából készült minta tartón lett tárolva, amiket a vizsgálatok végeztéig nem kerültek eltávolításra az adott tartóról.



10. ábra Fa mintatartó a rajtalévő ragasztott polietilén fóliával

Azon minták, amik a 100%-os páratartalomban térhálósodtak egy exszikkátorban lettek elhelyezve, amiben szilikagél helyett, ami szárítást és a páratlanítás miatt van bent, vizet helyeztem el, hogy a zárt környezetben létre jöjjön a megfelelő páradús környezet.



11. ábra Vízrel töltött exsikkátor és a ragasztó minták

Méréseimnek a menete szinte mindegyik ragasztó anyagnál megegyezik:

1. A minta elhelyezése,
2. Minden egyes mintához hozzá rendelt háttér kiválasztása,
3. A FTIR-ba beírt mérőprogram elindítása, ami 64 mérésből készít egy eredményt,
4. Az kapott eredményeket transzmitanciában kaptuk meg
5. A reakciós csoport lokalizálása, ha szükséges alapvonal illesztés,
6. Az eredmények abszorbanciába való átváltása,
7. Abszorbanciába átváltott méréseken belüli eredmények lejegyzése,
8. Az eredmények kiszámítása az alul írt módszerrel és diagramba való helyezés:

Ahhoz, hogy az eredmények görbéi/ egyenesei a legjobban illeszkedjenek a szórással terhelt adatpontok közé, Gauss-féle legkisebb négyzetek módszerét alkalmaztuk. Minek alapján „Solver” segítségével megkaptuk a további paramétereket.

Az általunk vizsgált adatpárok, amik az idő és az abszorbanca, miatt az elsőrendű kinetikának megfelelően lettek illesztve, ennek az alakja a következő:

$$A_t = A_0 * e^{-kt}$$

Mivel az abszorbanca soha nem éri el a 0 értéket, szükséges volt egy a „D” paraméter hozzá adása, ez miatt az allábiak szerint módosult:

$$A_t = A_0 * e^{-kt} + D$$

A fentiek közül az „ A_t ” és a „ t ” paraméter ismert az „ A_0 ”, „ k ” és „ D ” értékei lettek a fentiek szerint kiszámítva.

A nyers adatokból kapott pontdiagram alapján, illeszthetőnek véltünk egy telítési görbét is. A leggyakrabban használt alakja szerint:

$$A_t = \frac{a * t}{b + t} + c$$

Hasonlóan az elsőrendű kinetika értékeihez, ezen paraméterek is a legkisebb négyzetek módszerével és a „Solver” segítségével. Itt az „ a ”, „ b ” és „ c ” paraméterek meghatározása volt szükséges. Azt tapasztaltuk, hogy az illesztés végén a négyzetösszeg-függvény értéke minden esetben alacsonyabb lett, mint amikor elsőrendű kinetikát feltételeztünk, vagyis az illesztett telítési görbe egyes pontjainak a szórása is kisebb volt.

A transzmitancia annyit tesz, hogy az anyag egyik oldalán beérkező fénynek a másik oldalon mekkora része érzékelhető. Ezt befolyásolja az anyag nagy fokú fény elnyelő képessége vagy annak a fénynek a szóródása. Ezek befolyásolják az áteresztett sugárnyalábot.

Az abszorbancia az anyag fényelnyelő képességét mutatja, vagyis, hogy az anyag a rábocsátott sugárnyaláb hány százalékát (%) nyelte el.

5. Eredmények és kiértékelésük

Az eredményeim bemutatása során részletezem az egyes minták kötés gyorsaságát és minta párok közötti kötés gyorsaság különbséget. Minta párok csak az egy komponensű poliuretán szerkezeti ragasztó és az egy komponensű szilikon tömítő ragasztóknál vannak.

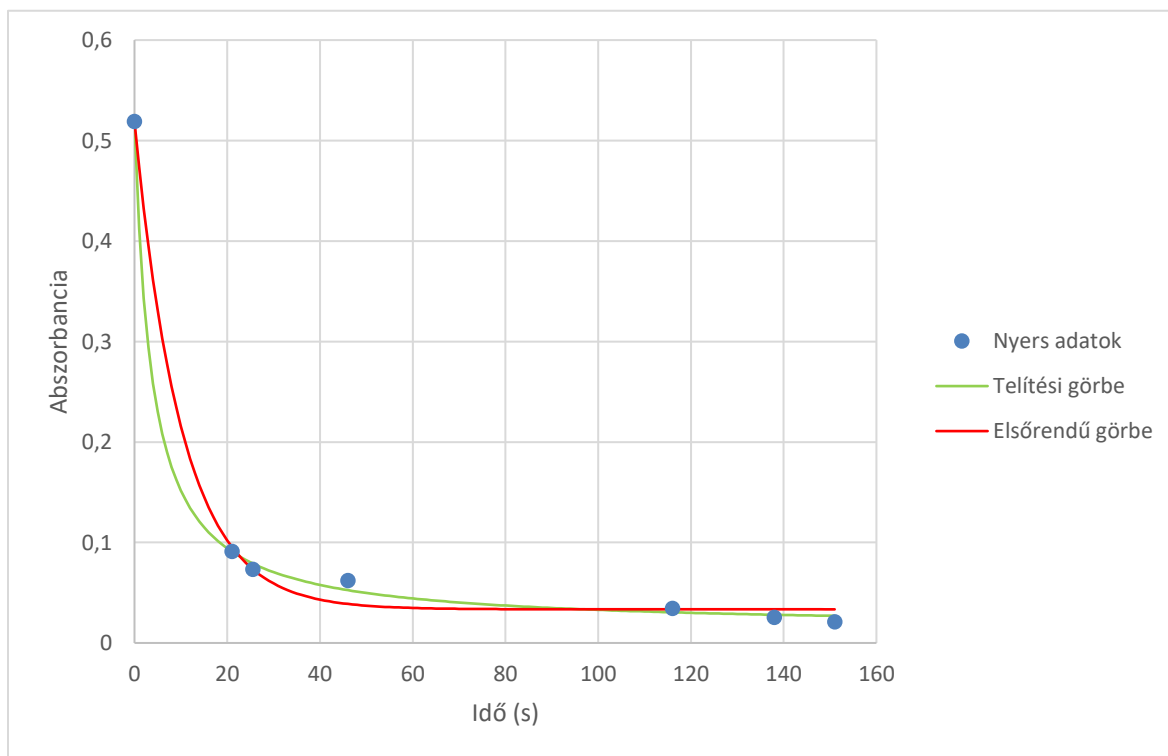
Minden mérés és térhálósítás Az akkreditált laboratóriumi megengedett hőmérsékletén történt.

Az eredmények sose érik el a 0-t vagy egy meghatározott biztos számot, így térhálósodottnak csak akkor lettek tekintve, amikor a reakciós csoportok értékei, már nem csökkentek nagy mértékben. Az értékek „teljesen” térhálósodott ragasztóknál sem maradnak állandóak, vagy a mérőberendezés minimális pontatlansága miatt vagy a reakciós csoportok kötéseinek folytonos bomlása és újra kötése végett.

A mintákat, hogy a lehető legkisebb módon befolyásoljam a mérés eredményeit, egy mindegyik számára külön-külön kijelölt tartóban helyeztem el. Így minden ragasztót egy hozzárendelt betűvel fogok nevezni.

5.1. Sikaflex-252

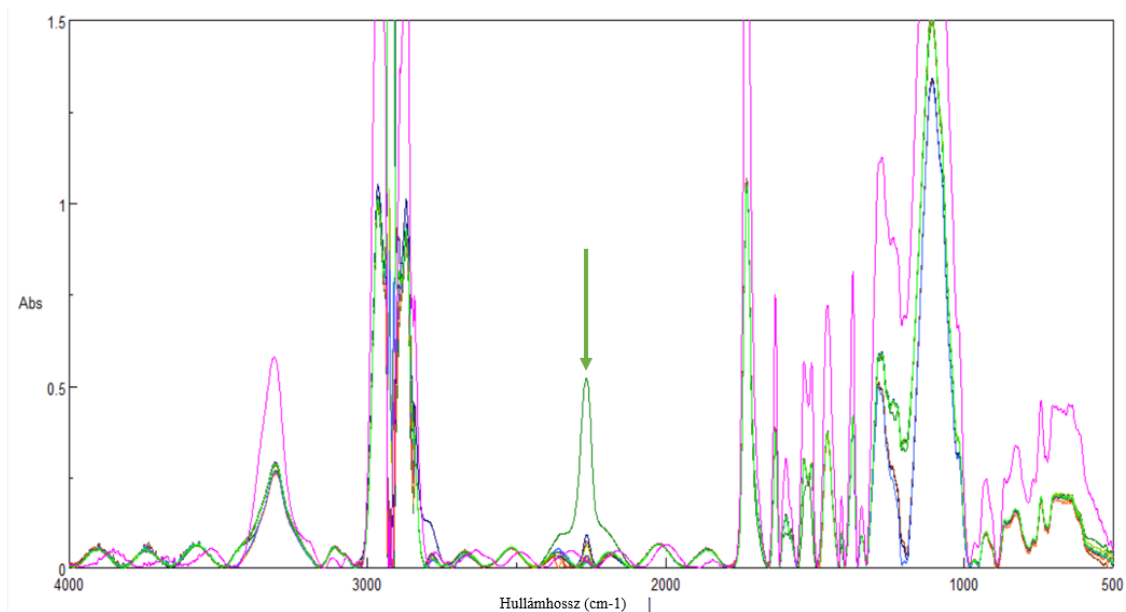
5.1.1. „A” minta



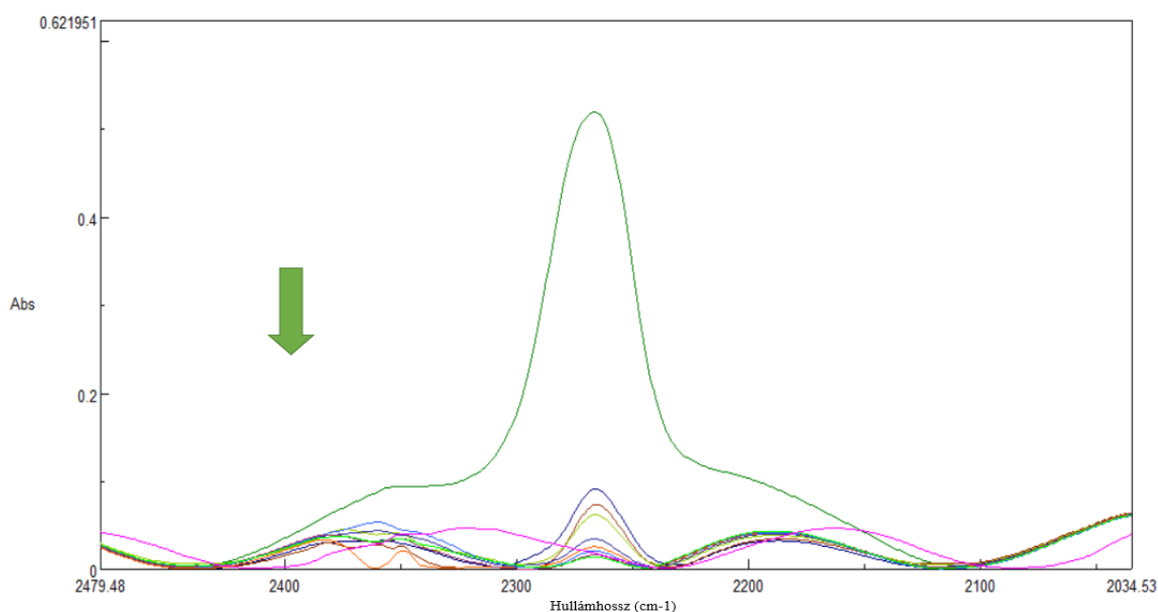
12. ábra "A" minta térhálósodása

Az „A” elnevezésű minta célja a reakciós csoport megtalálása és a térhálósodás teljes idő tartamának megismerése. Itt felmerült egy olyan probléma, mint az ábrán látszik, hogy az első 20 órában, látható a 13.ábrán meredeken csökkent az abszorbanciája az anyagnak, ami miatt a reakció sebesség kiszámolása pontatlanná vált.

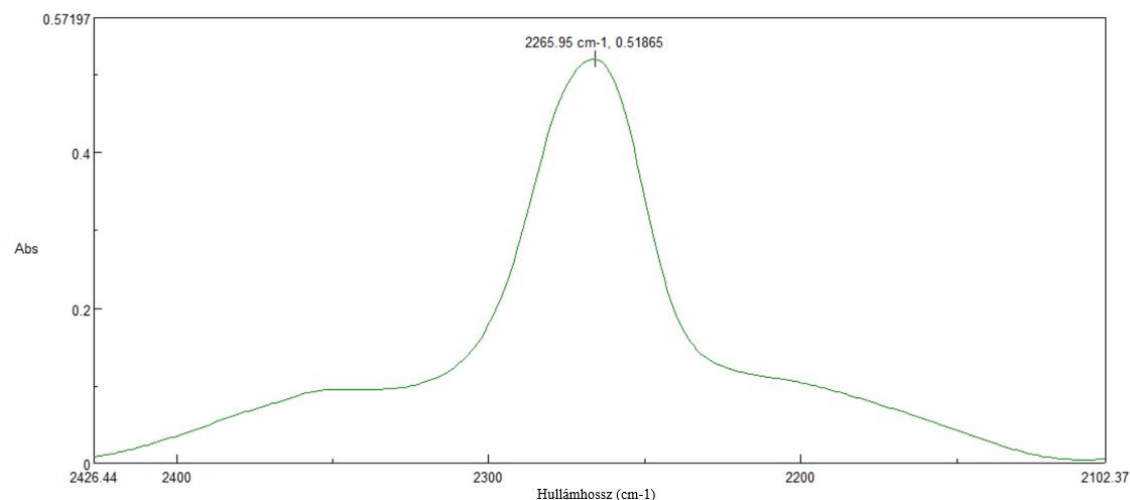
Emiatt a ragasztó első 4 órájában fél órás idő közönként méréseket tettem szükségessé. Az ennél gyakoribb mérések befolyásolták volna a 100% páratartalomban térhálósodó ragasztókat.



13. ábra "A" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



14. ábra "A" mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanciában változás irányával.

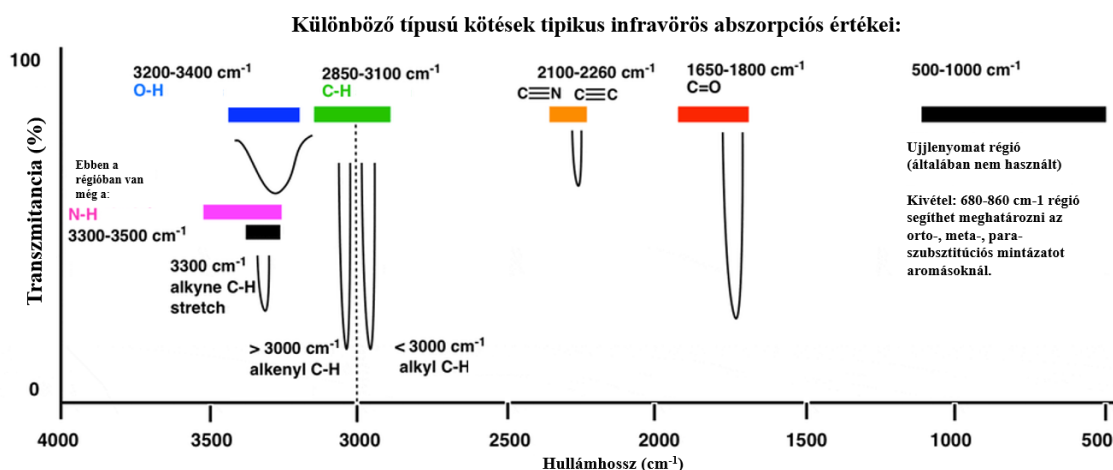


15. ábra Reakciós csoport a 2265-t hullámhosszon lévő csúccsal

A Sikaflex-252-es poliuretán, egy komponensű ragasztóanyagban a reakcióscsoport a ~2265 környékén található.

14. ábrában zöld nyíllal a reakciós csoport elhelyezkedését jelölöm.

15. ábrában zöld nyíl a reakció irányát mutatja.



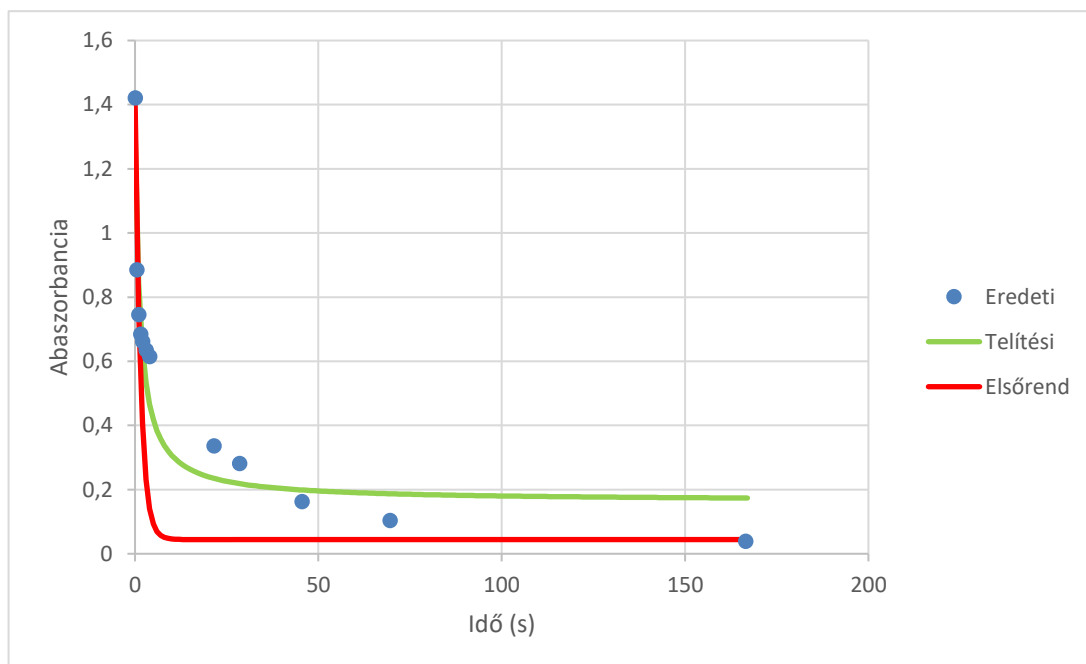
16. ábra Különböző kötések általános elhelyezkedései

Adott csoportok egy meghatározott hullámszámnál helyezkednek, ezek az általános elhelyezkedések azt a fenti 16. ábra mutatja, ezek csak kismértékben tolódhatnak arrább. Ez alapján az ábra a reakciós csoport az izocianid.

Az izocianid (más néven izonitril vagy karbilamin) olyan szerves vegyület, amelynek funkciós csoportja $N\equiv C$. A nitrogénen keresztül hozz létre kötések.

5.1.2. „B” és „C” minta párok

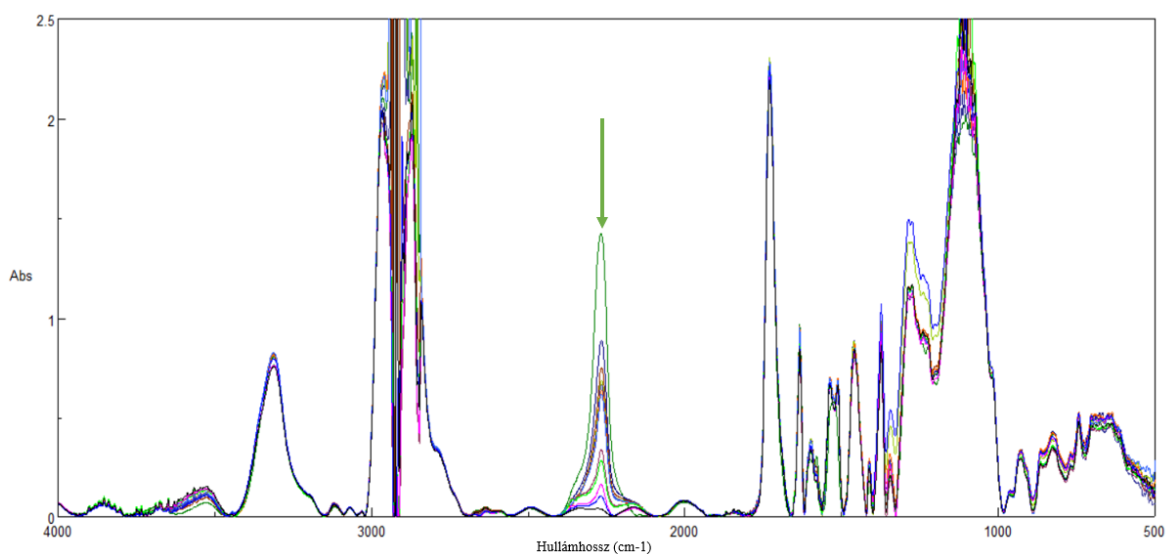
„B” minta



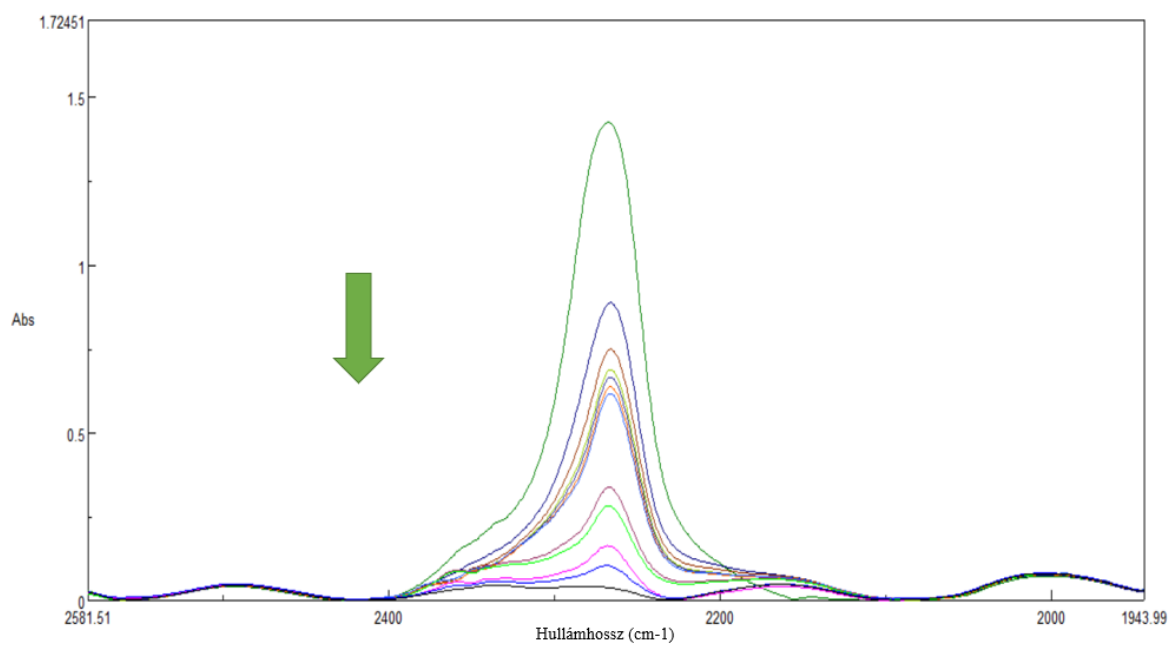
17. ábra "B" minta térhálósodása

A „B” minta egy közel 100%-on térhálósított ragasztó anyag. A FTIR-ban való mérések során a minta a kinti környezetben volt, ahol csak 30-40% páratartalom volt.

Amint az látható az első 4 óra alatt az abszorbanca meredeken változott (18. ábra). A reakció sebesség itt volt a legmagasabb és ahogy az idő múlásával fogytak a reakcióra képes csoportok úgy lassult le a térhálósodás folyamata.

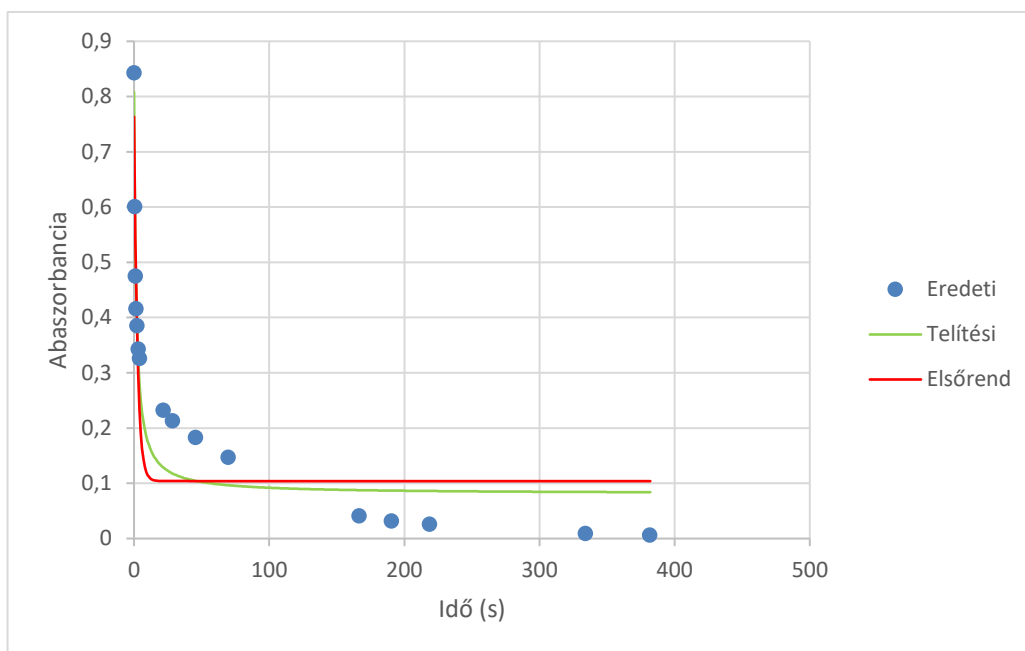


18. ábra "B" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



19. ábra "B" mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanciában változás irányával.

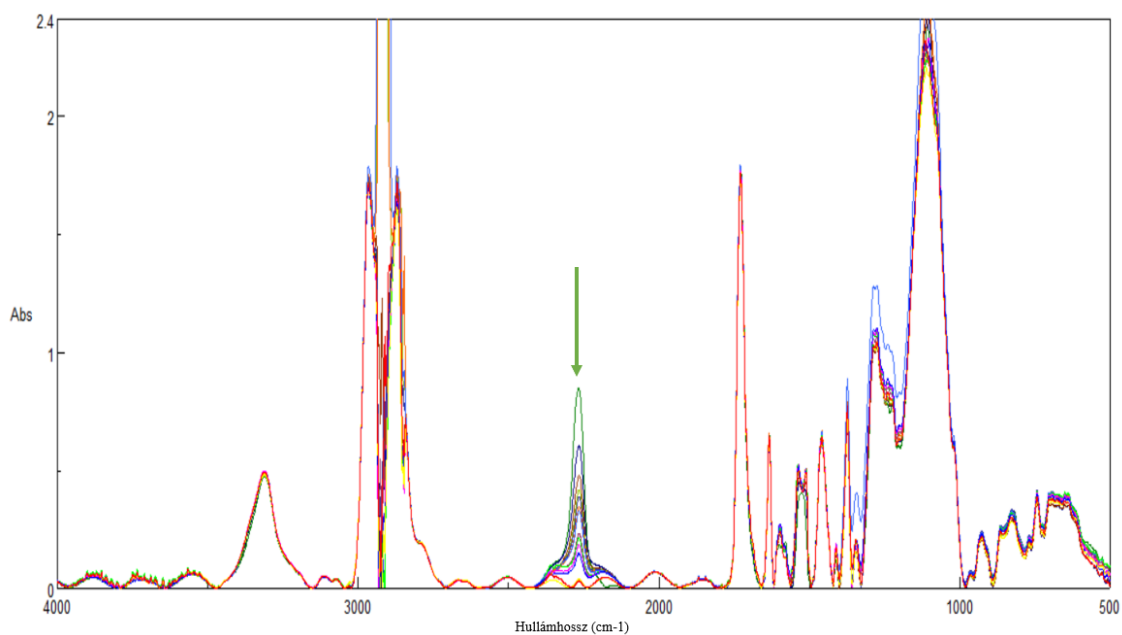
„C” minta



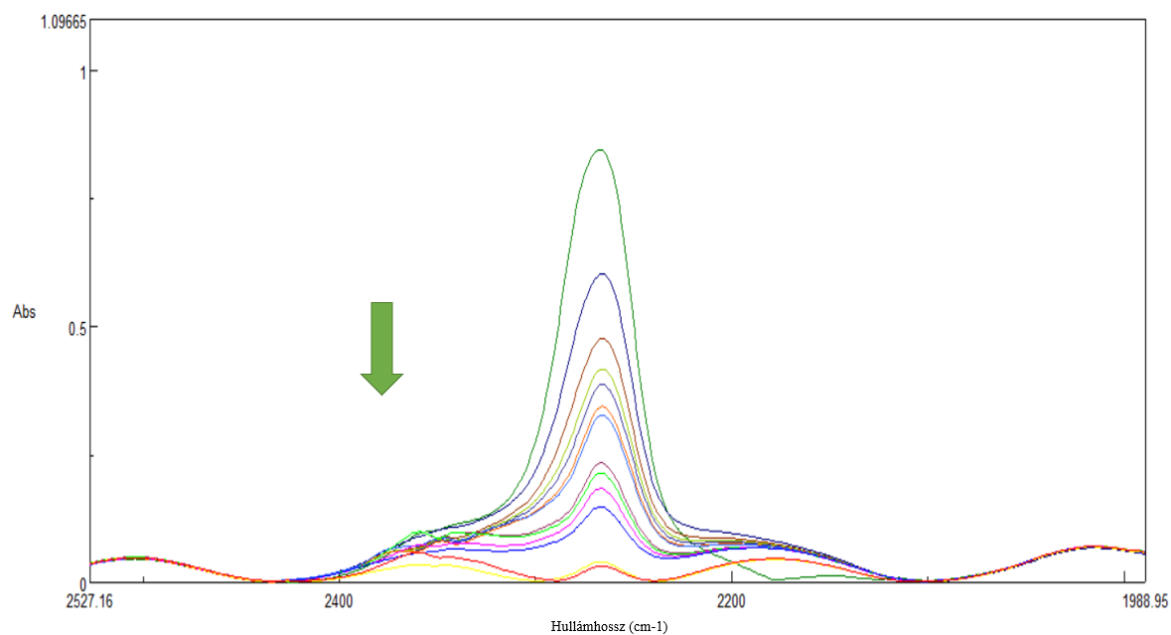
20. ábra "C" minta térhálósodása

A „C” jelű minta egy a laboratórium környezetében szilárdult meg, ami ~30% páratartalom és $24\pm 5^\circ\text{C}$.

Ahogy a „B” jelű mintán is látható volt, itt is az első 4 órában a leggyorsabb a reakció, ami fokozatosan lassul (**21. ábra**).

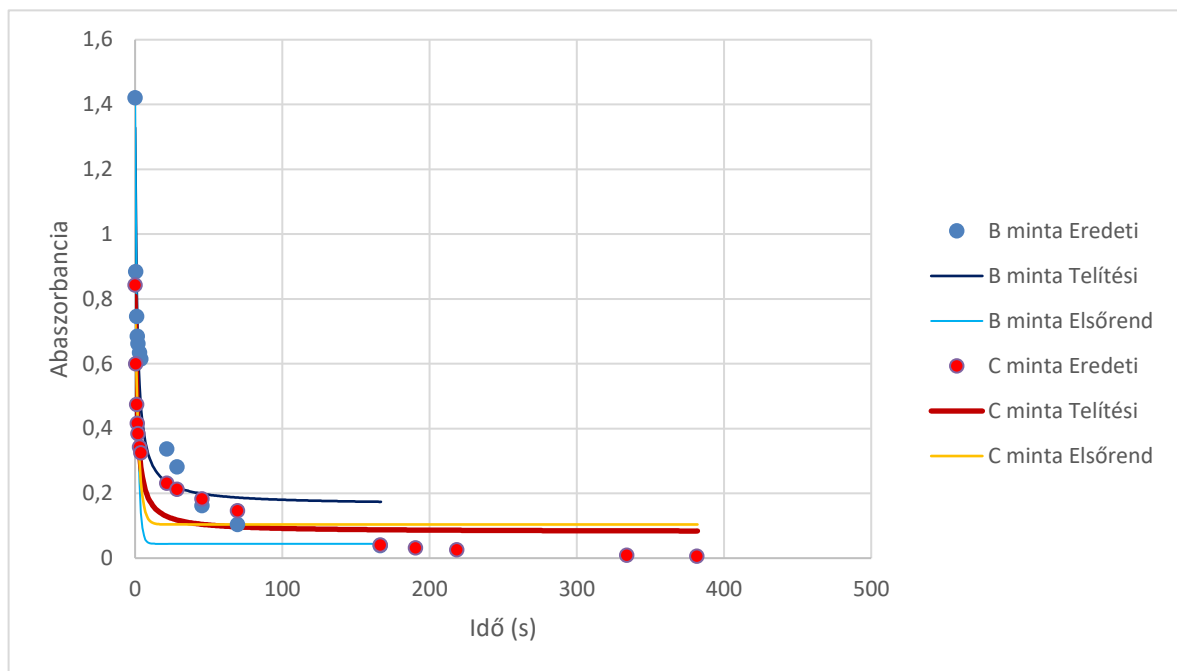


21. ábra "C" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



22. ábra "C" mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanciában változás irányával.

B" és „C" minta pár összemérése



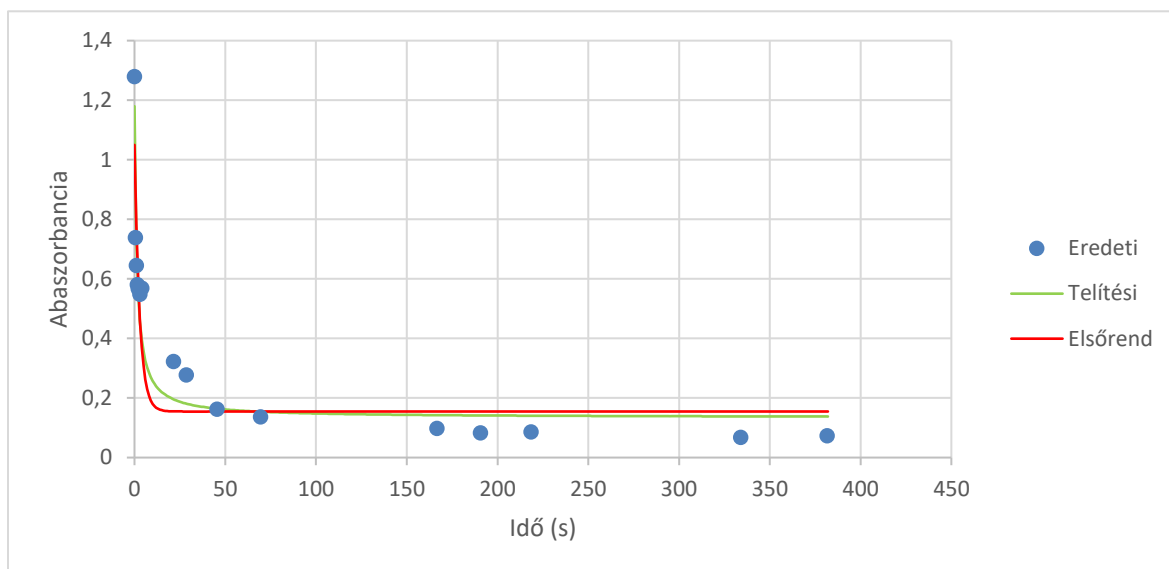
23. ábra "B" és "C" mintapár térhálósodásának sebessége egymáshoz viszonyítva

Az eredmények alapján a pára dús környezetben lévő ragasztó, egy nappal előbb érte el a térhálósult állapotot, de ennek a kezdetekor nehéz különbséget tenni, mivel mindkét mintánál a kezdeti állapot hasonlóan gyorsnak tekinthető.

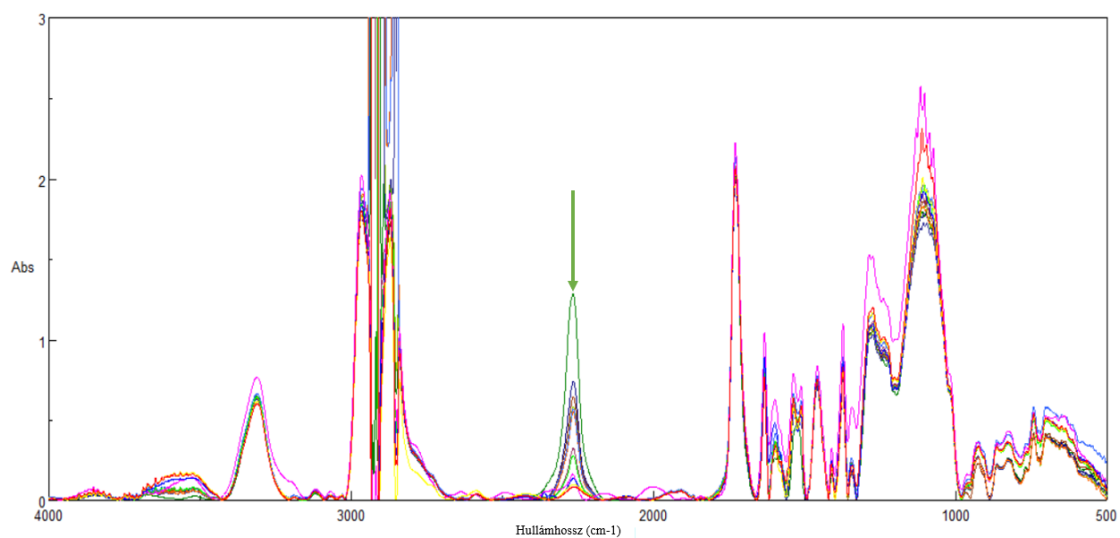
5.1.3. D" és „E” minta párok

A Sikaflex-252 második minta párja. Az előző minta pár kontrol mérése.

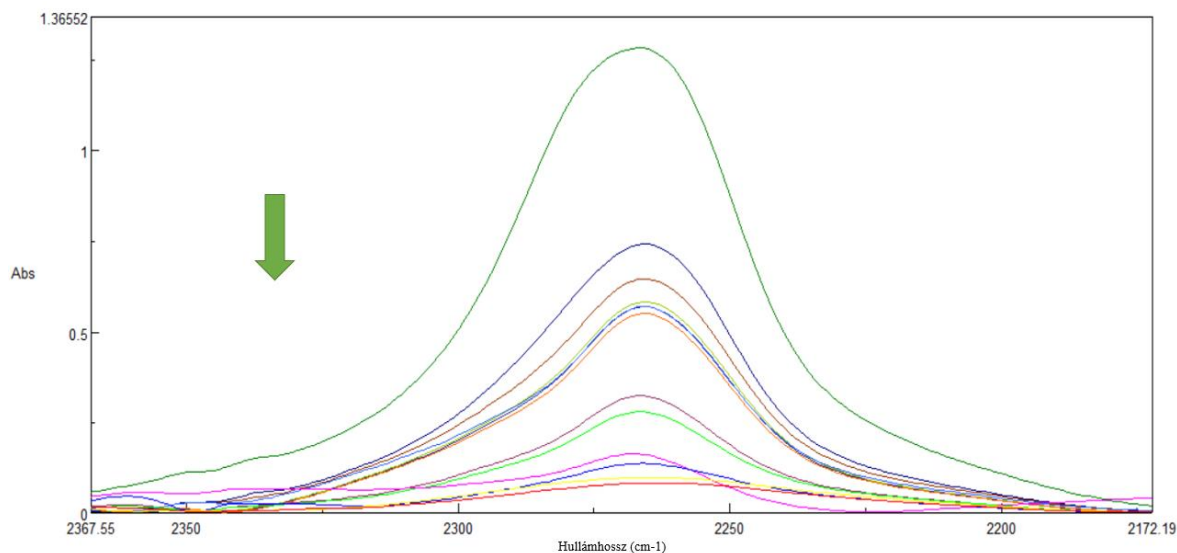
„D” minta



24. ábra "D" minta térhálósodása

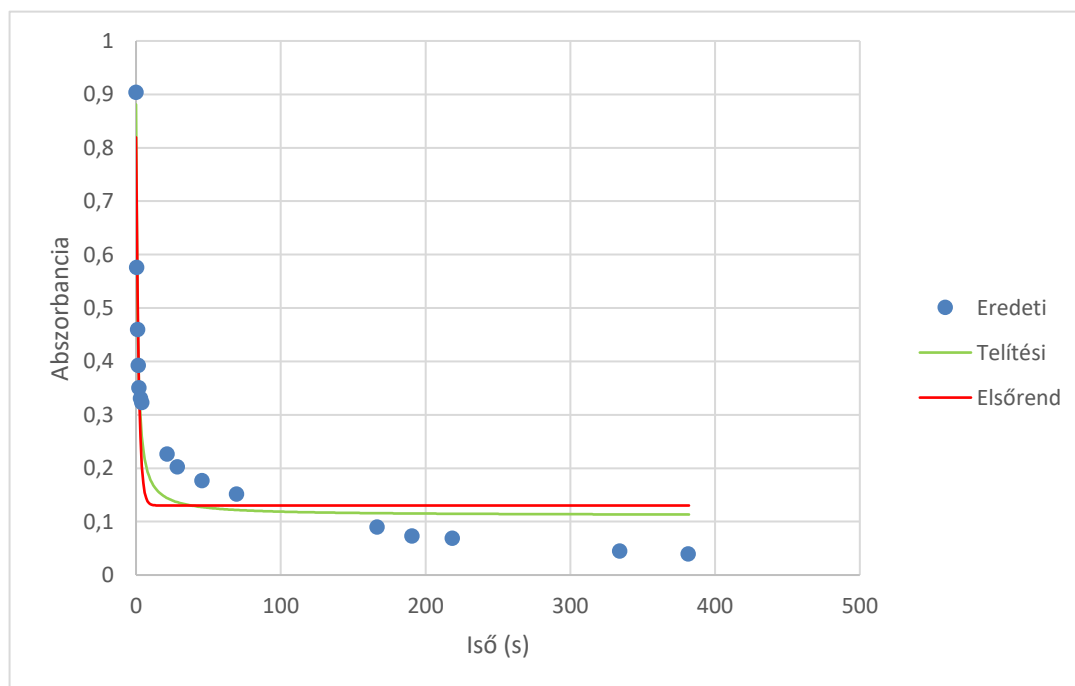


25. ábra "D" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



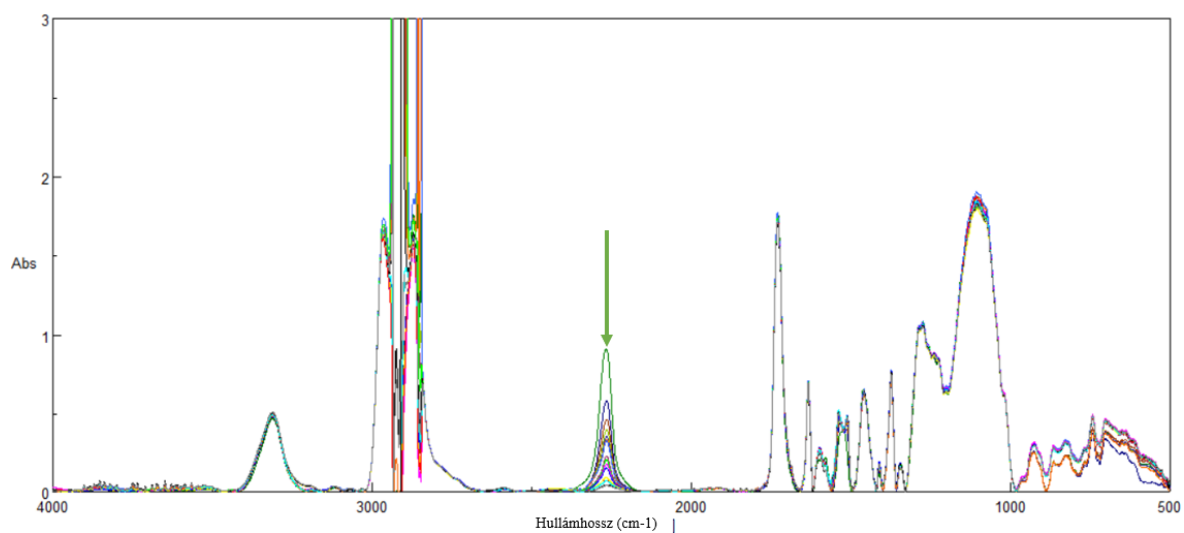
26. ábra "D" mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanciában változás irányával.

„E” minta

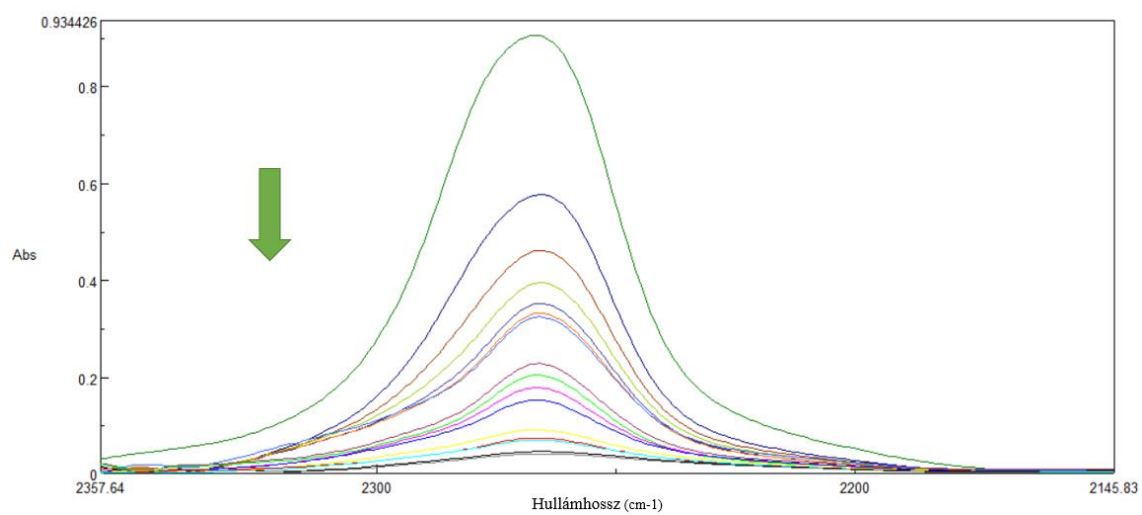


27. ábra "E" minta térhálósodása

Az „E” minta kitérhálósodása, 30% páratartalom mellett 14 napot vett igénybe. Ezzel erősítve azt az állítást, hogy a páradús környezetben, gyorsabban a reakció sebesség.

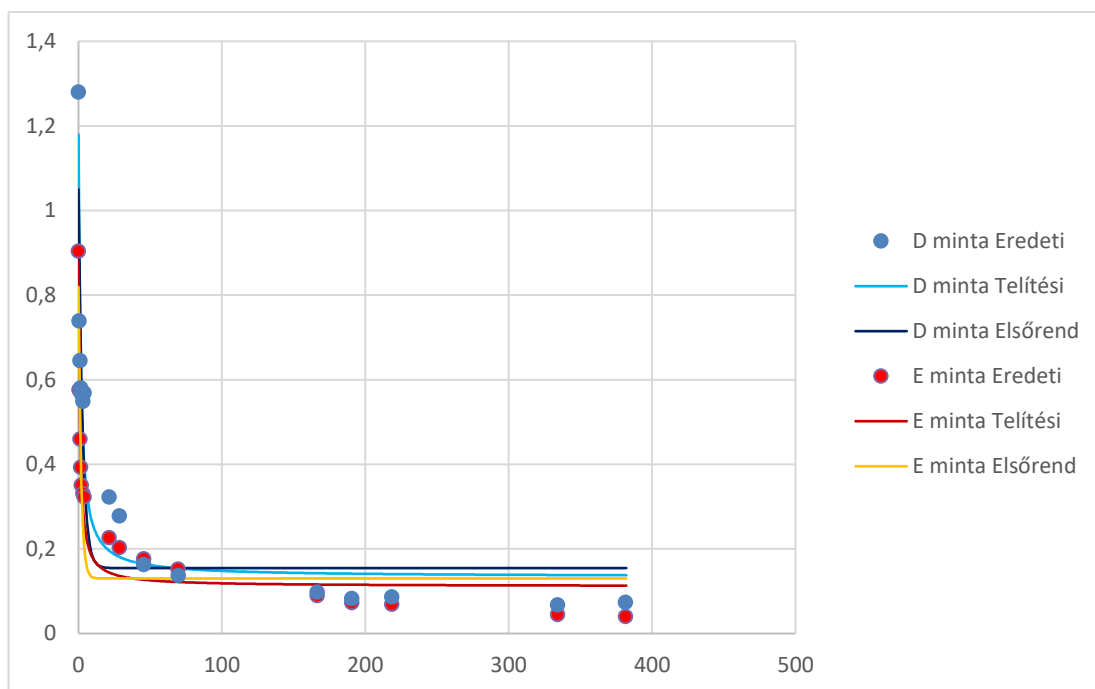


"E" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



28. ábra "E" mintában lévő reakciócsoportok eredményei abszorbanciában változás irányával.

„D” és „E” mintapárok összevetése



29. ábra "D" és "E" mintapár térhálósodásának sebessége egymáshoz viszonyítva

Az eredmények azt mutatják, mint ahogy a „B” és „C” minta párnál, a nagyobb páratartalmú környezetben lévő ragasztó jóval gyorsabban kötött meg. Itt is akár a fenti kettő mérésnél az első 4-8 óra rendelkezik a legnagyobb reakciósebességgel.

Sikaflex-252 kiértékelés

A kapott eredmények alapján, a páratartalom a térhálósodási folyamat vége felé haladva egyre fontosabb szerepet játszik, ahogy az elején szinte nincs különbség a két környezet között, úgy nyer folyamatosan nagyobb szerepet.

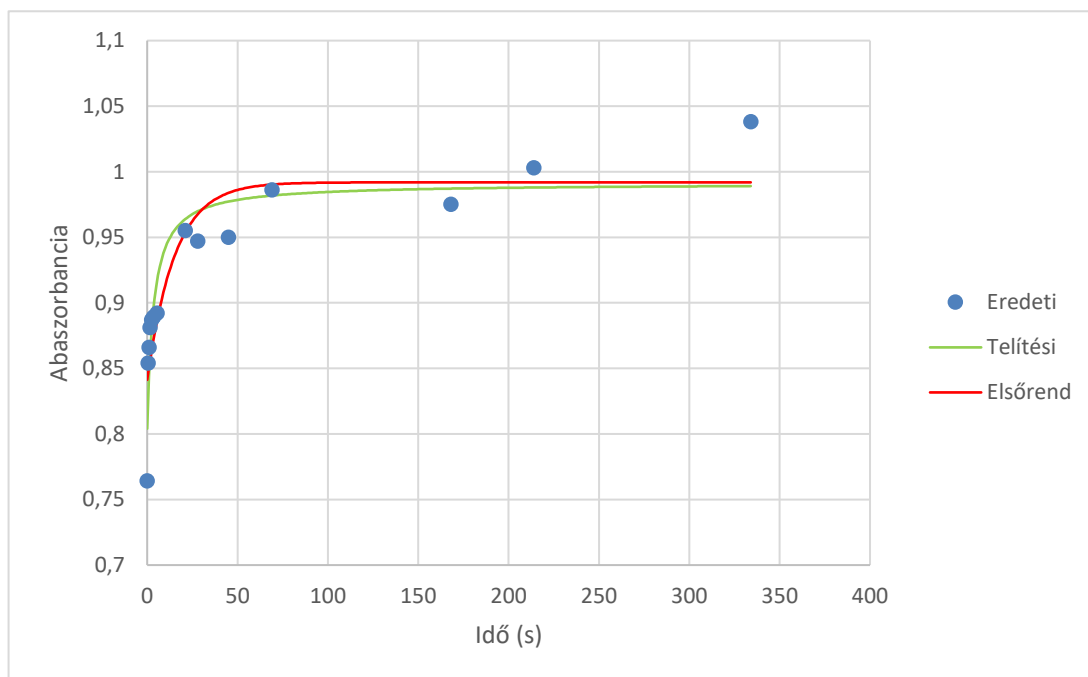
5.2. Dowsil-895

A dowsil-895 szilikon ragasztó mérésénél is minta párokat használtam, mivel ez a ragasztóanyag is egyike a nedvesség segítségével térhálósodó ragasztók egyikének. A minta párok „F” és „G” megnevezéseket kaptak.

5.2.1. „F” és „G” mintapár

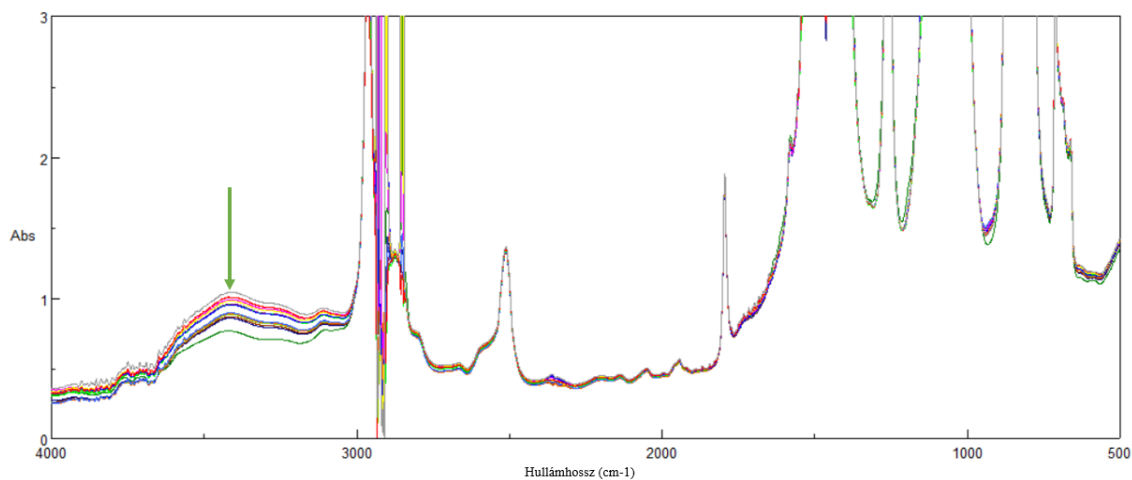
„F” minta

„F” minta a 100% páratartalomban térhálósult

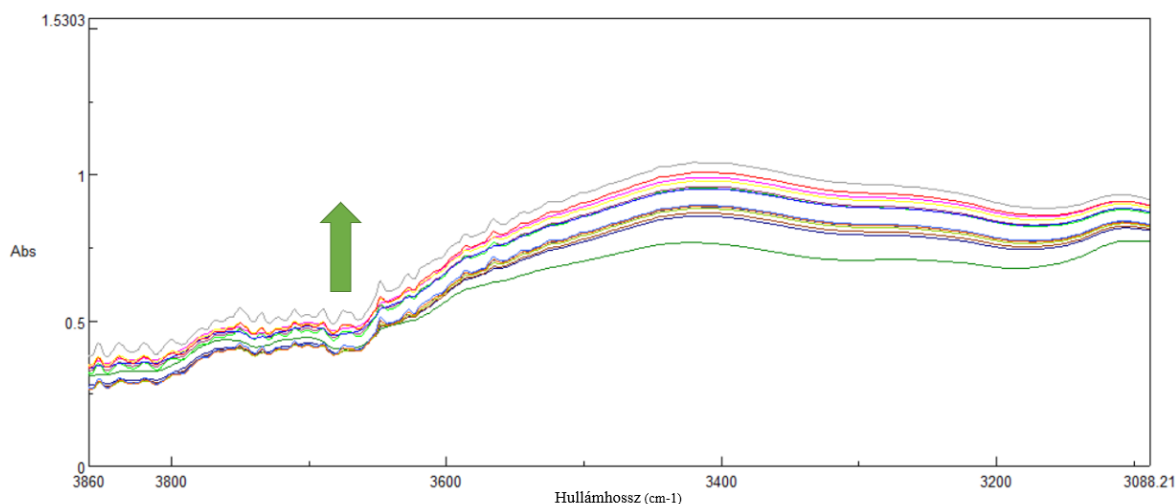


30. ábra "F" minta térhálósodása

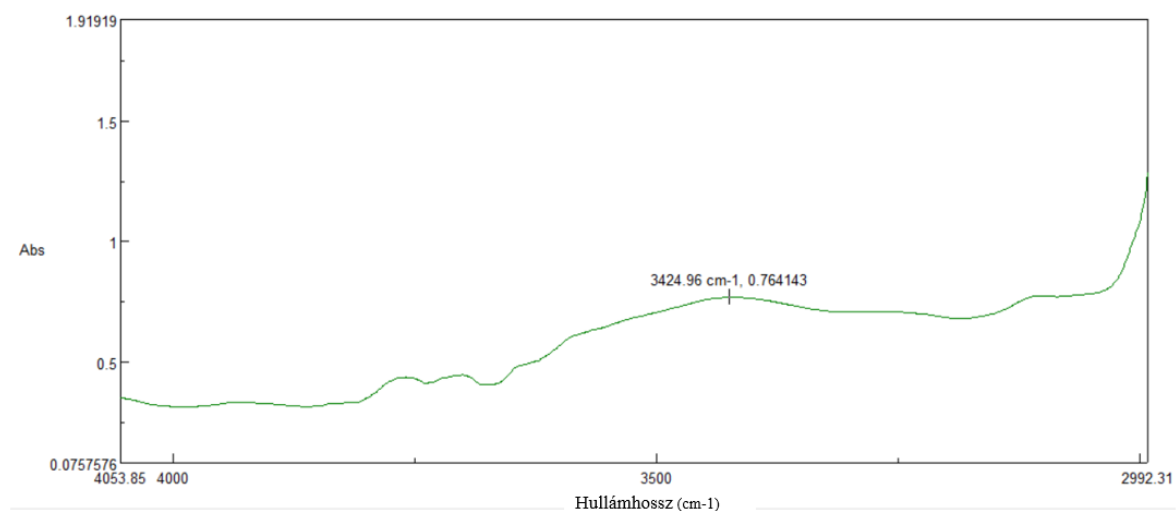
A 31. ábra és a 32. ábra mutatja, hogy az első félórában nagyot ugrott a folyamat.



31. ábra "F" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



32. ábra „F” mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanzában változás irányával.



33. ábra Reakciós csoport a 3325 hullámhosszon lévő csúccsal

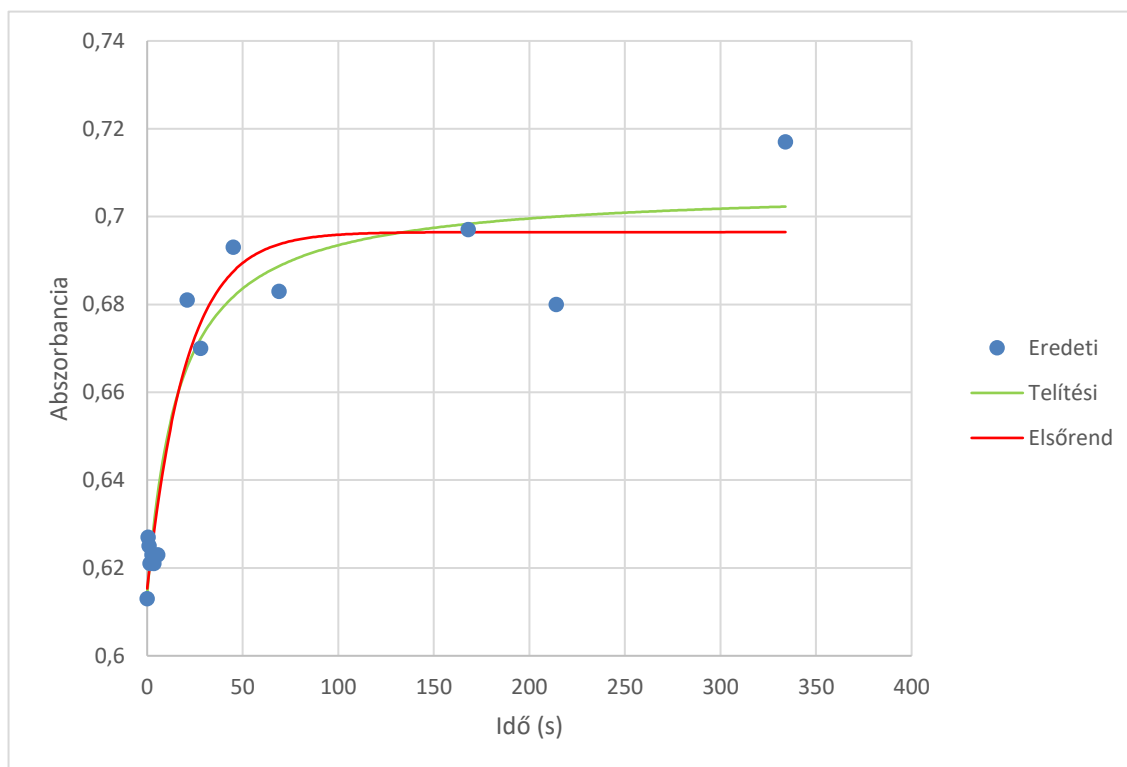
Az **34. ábra** mutatja hogy 3200-és 3400 cm⁻¹ hullámhossz tartományban található az O – H kötések. Ezek alapján követtem az anyag kötésének sebességét.

Az egykomponensű rendszerben a környezeti nedvességnek térhálósító hidrolízist indít el, és ez által hidroxil- (-OH) vagy szilanol csoportot hagy a végén. A térhálósodása addig folytatódik míg a szilanol képes tovább kondenzálódni egy másik hidrolízisre képes csoporttá.

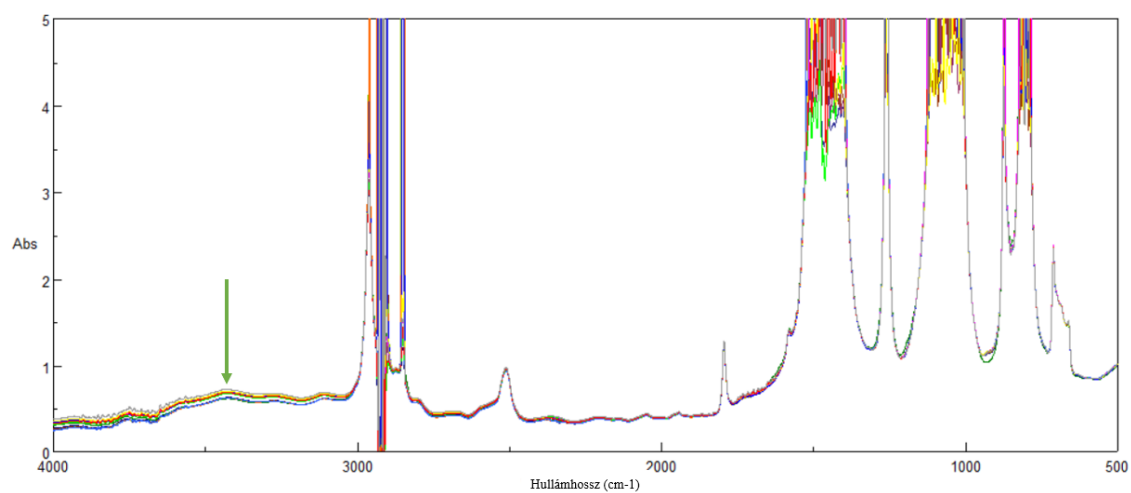
A ragasztó gerincét képző polimer hidroxil (SiOH) vagy vinyl (Si-CH₂=CH₂).

„G” minta

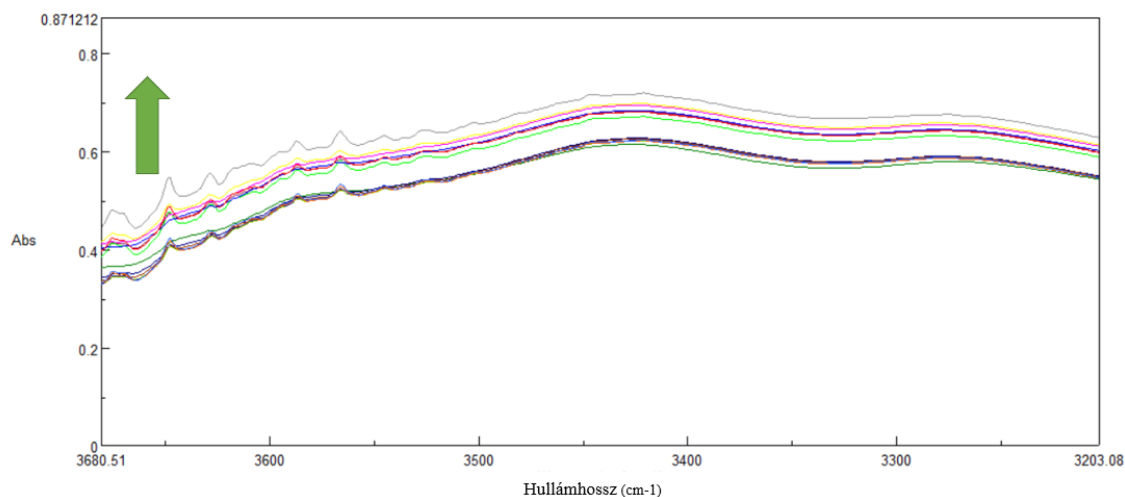
Az „G” minta ~30% páratartalomban térhálósodott



34. ábra "G" minta térhálósodása

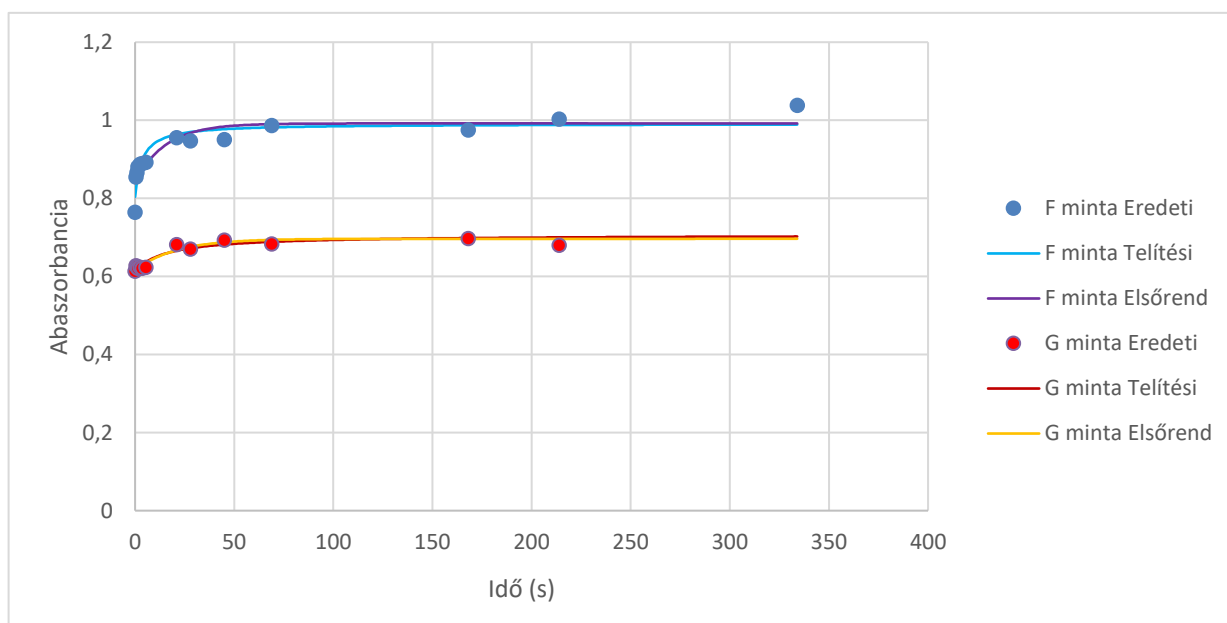


35. ábra "G" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



36. ábra „G” mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanciában változás irányával.

„F” és „G” mintapárok összevetése



37. ábra "F" és "G" mintapár térhálósodásának sebessége egymáshoz viszonyítva

Dowsil-895 ragasztó és szigetelő kiértékelése:

A „F” minta, 31. ábra és 32. ábra, eredményi és a „G” minta, 35. ábra és 36. ábra, eredményein, észre vehető, hogy az anyag a páradús környezetben a térhálósodás első fél órájában ugrás szerű változáson esett át, de 30% párában lévő ragasztónál nem vehető észre ilyen jelentős és radikális változás.

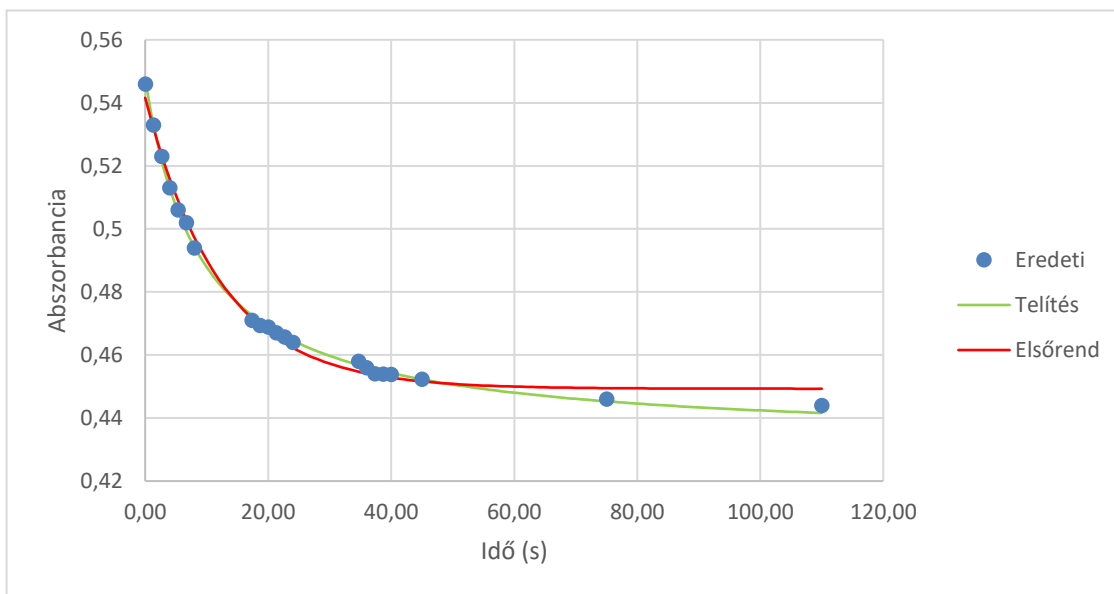
Jelentős mértékben viszont nem növelte a térhálósodás sebességét.

5.3. Soudal Fix ALL X-Treme Power Express

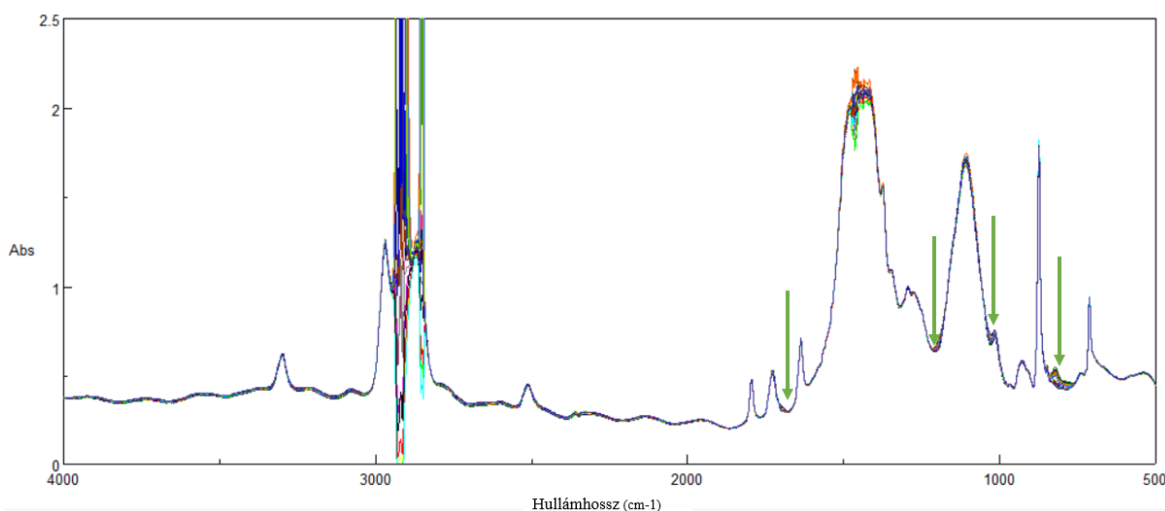
. Ez egy a Soudal által szabadalmazott ragasztó. Ezt a ragasztó SMX fajta névre keresztelte el a gyártója.

Ez szintén egy páratartalomra térhálósodó ragasztóanyag, de ez az öt megelőző két fajta ragasztóval ellentétben, 110 perc alatt térhálósodott ki. Így ellehetetlenítve azt, hogy ugyan azon módszerrel vizsgáljam meg, mint a PU és SI alapú társait. Így ennél a mérésnél már nem használtam minta párokat.

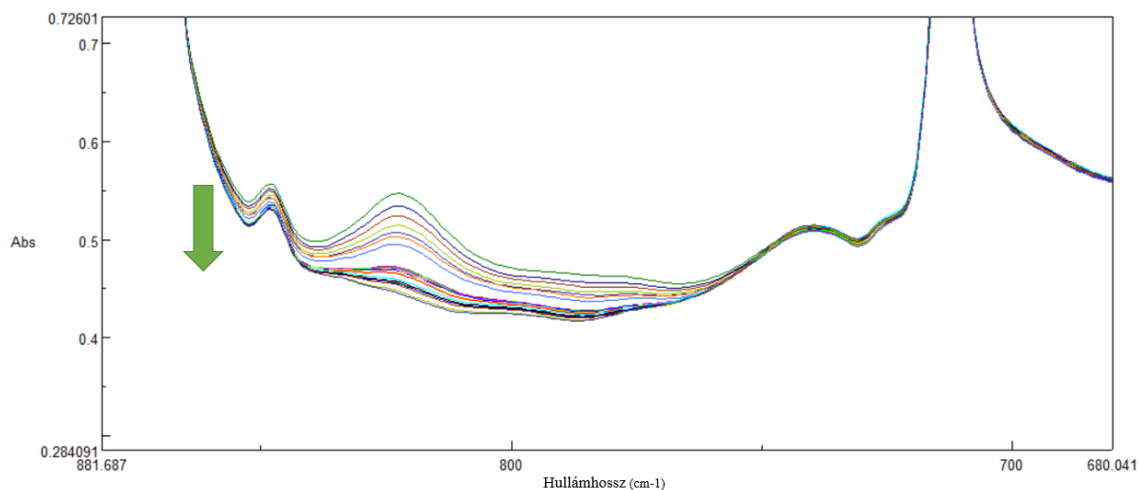
5.3.1. „H” minta



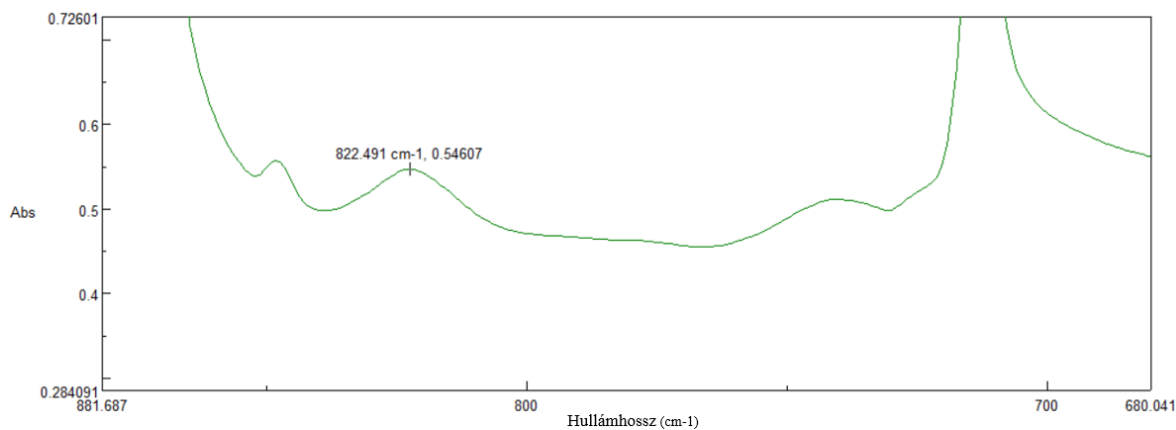
38. ábra "H" minta térhálósodása



39. ábra "D" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban.



40. ábra "E" mintában lévő egyik reakciócsoport eredményei abszorbanciában és a változás irányával.



41. ábra Reakciós csoport a 822 hullámhosszon lévő csúccsal

A reakciós csoport az ujjenyomat tartományban található

Soudal Fix ALL X-Treme Power Express kiértékelése:

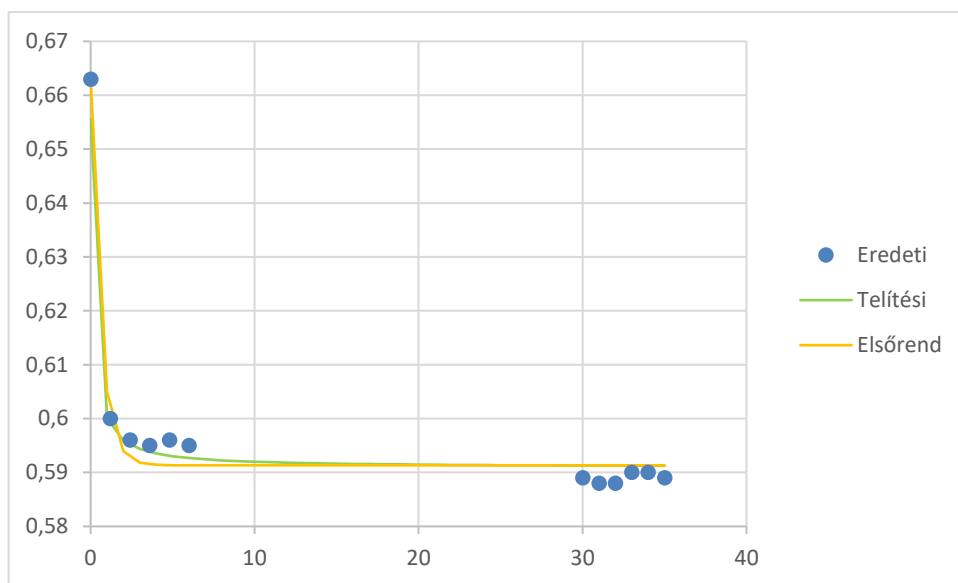
38. ábra és a 41. ábra jól ábrázolják a ragasztó gyorsaságát és ahogy azt az előző ragasztóknál is látni lehetett, itt is a kezdeti részen jelentősen gyorsabb a reakció sebessége.

5.4. SikaPower-1277

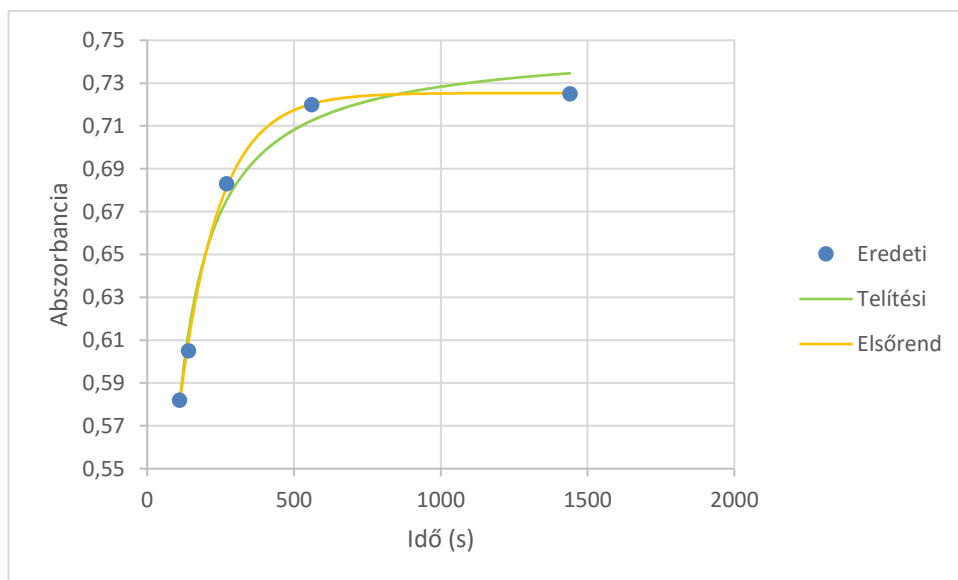
5.4.1. „I” minta

A SikaPower-1277 egy két komponensű ragasztó anyag, ezért ennek a vizsgálata során sem használtam minta párokat.

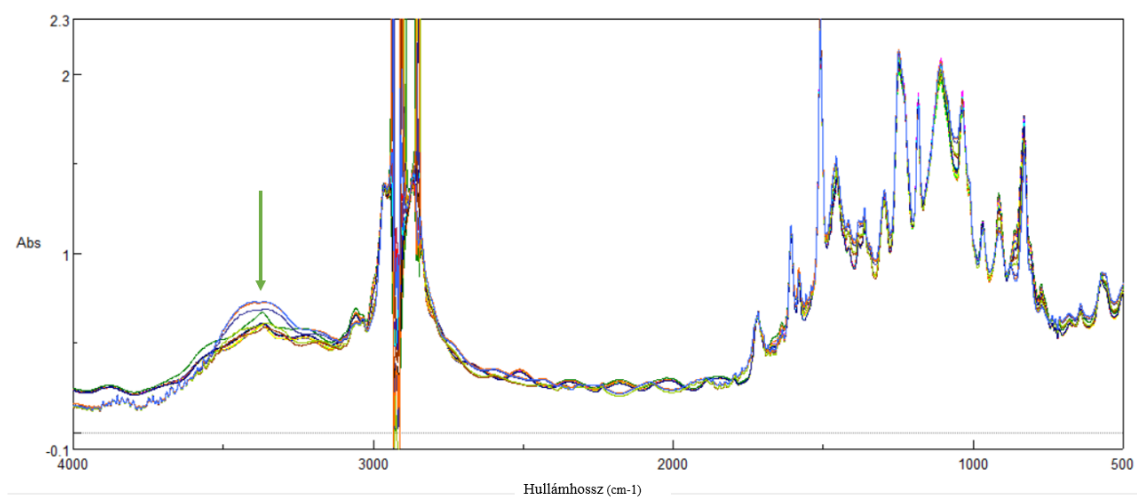
A ragasztó anyag térhálósodásának első része 1 óra alatt bekövetkezik (43. ábra). Azt követően pedig 24 óra alatt teljesen be is fejeződik (44. ábra).



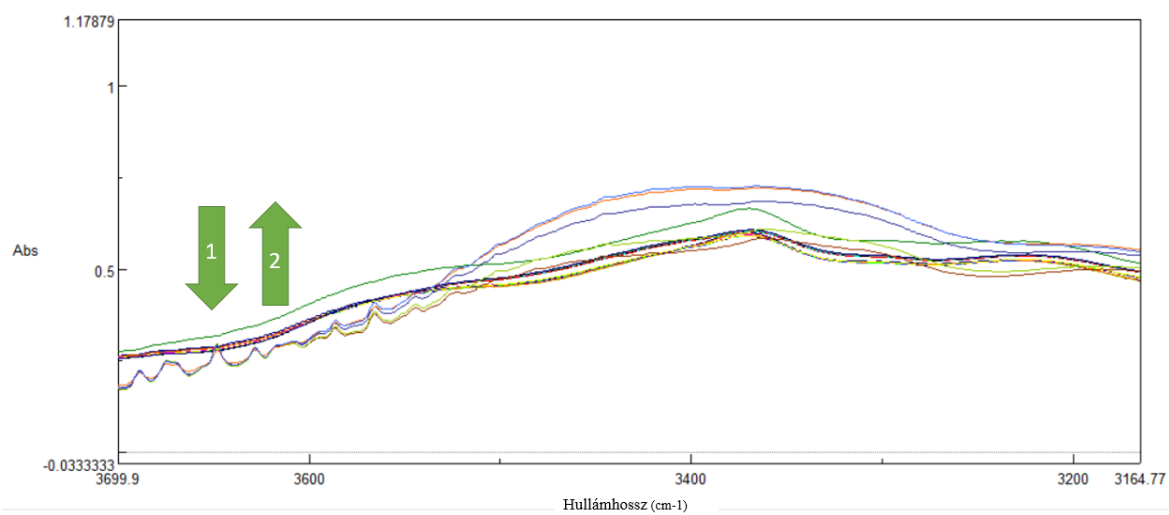
42. ábra "I" minta térhálósodása az első órában



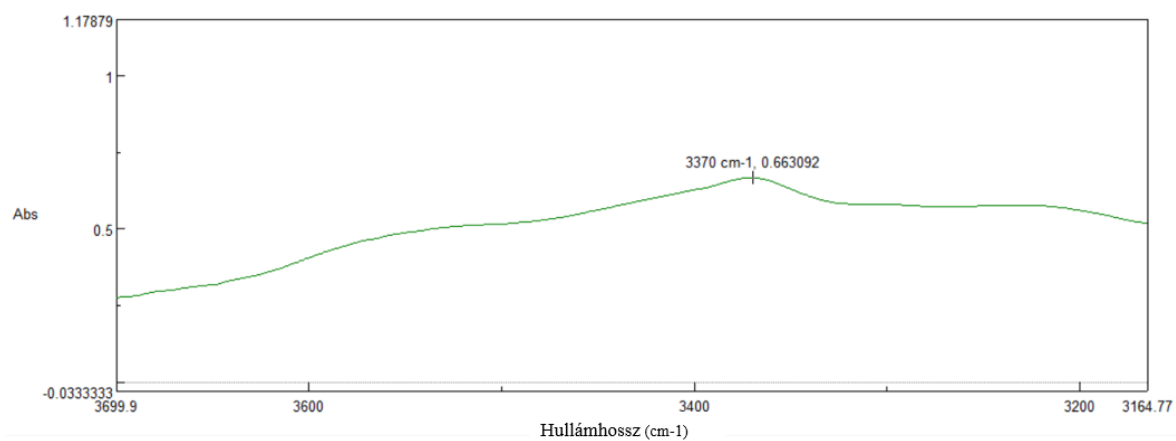
43. ábra "I" minta térhálósodása az 2 órás állapottól 24 óráig



44. ábra "I" mérés eredményei az FTIR Spectra Analysis programban



45. ábra "I" mintában lévő reakcióscsoportok eredményei abszorbanzában változás irányával.



46. ábra Reakciós csoport a 3370 hullámhosszon lévő csúccsal

A 46 ábrán az eredmények végig követése során az észrevételem az volt, hogy először a reakciós csoportnak csökkent az értéke (1), de egy ponton formát kezdet váltani, amikor ez a megtörtént akkor azt a formát fent tartva növekedésnek indult.

6. Összefoglalás

A kutatásom első célja a Sikaflex-252 szerkezeti ragasztóanyag megismerése volt. Reakciós csoport, ami a térhálósodást idézi elő, illetve ennek a gyorsasága és különbsége egy másik környezetbe lévő társával szemben. Ez a vizsgálat ki tér arra, hogy az anyag reakciós csoportjainak reakció sebességi állandója mekkora. Az eredményeim alapján a ragasztóanyag térhálósodási gyorsasága jelentősen változik a környezettől. A páratartalom az időelteltével egyre fontosabb szerepet kap a kötések kialakításában.

A második cél, pedig más típusú ragasztók térhálósodásának gyorsasága és szélesebb körű ismeretszerzés ezekről.

Ilyen volt a Dowsil-895 SI 1 komponensű ragasztó, aminél erősödött azon véleményem, hogy a ragasztóanyag környezete kritikus aspektus a jó kötések kialakításában. Ellentétben a PUR ragasztó anyaggal, ennél a ragasztónál a folyamat elején történt kiugró változás a nagy páratartalomban térhálósított a ragasztó reakcióscsoportjai között (33. ábra)

A Soudal Fix ALL X-Treme Power Express egy1-komponensű ragasztóanyagnál a kötésgyorsaság nagy sebességgel zajlott, ami ellehetetlenítette a ragasztó páradúskörnyezetben való térhálósítását, mivel rendszeres mérés folyamán túl sokszor került volna ki a zárt környezetéből. Ez a ragasztó ennek ellenére is szépen látható és folyamatos abszorbanciát mutatott.

A SikaPower-1277 ragasztó anyag hasonlóan a Soudalhoz gyors térhálósodást mutatott viszont, mivel ez egy 2-komponensű ragasztó így erre az anyagra nem a levegő nedvesség tartalma hat, hanem a környezetének hőmérséklete.

Az eredmények megismerése után arra a következtetésére jutottam, hogy a környezeti tényezők ragasztás tekintetében kicsit sem elhanyagolhatóak. Így a ragasztó alkalmazásakor is fontos az őt körülvevő környezet.

A jövőbeli kutatásaim során szeretném tovább mélyíteni ismereteimet a ragasztókról és megismeri, olyan anyagokat, amelyeket a jelen kísérleteim során nem tudtam lefedni. Illetve más típusú módszerekkel való további kutatás elsajátítása.

Irodalomjegyzék

- [1] Corning, D. (2001). Silicone sealants and structural adhesives François de Buyl. In *International Journal of Adhesion & Adhesives* (Vol. 21).
- [2] Plueddemann, E. P. (1982). Silane Coupling Agents. In *Silane Coupling Agents*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-0342-6>
- [3] Sindhu, R., Binod, P., & Pandey, A. (2015). Microbial Poly-3-Hydroxybutyrate and Related Copolymers. In *Industrial Biorefineries and White Biotechnology* (pp. 575–605). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63453-5.00019-7>
- [4] Horgnies, M., Chen, J. J., & Bouillon, C. (2013). Overview about the use of Fourier Transform Infrared spectroscopy to study cementitious materials. *WIT Transactions on Engineering Sciences*, 77, 1743–3533. <https://doi.org/10.2495/MC130221>
- [5] *Handbook of Adhesives and Sealants*. (2004)
- [6] Burchardt, B. (2010). Advances in polyurethane structural adhesives. In *Advances in Structural Adhesive Bonding* (pp. 35–65). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1533/9781845698058.1.35>
- [7] Daniel Da Silva, A. L., Martín-Martínez, J. M., & Bordado, J. C. M. (2006). Influence of the free isocyanate content in the adhesive properties of reactive trifunctional polyether urethane quasi-prepolymers. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 26(5), 355–362. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2005.06.001>
- [8] Bhagavathi, L. R., Deshpande, A. P., Ram, G. D. J., & Panigrahi, S. K. (2021). Effect of cellulosic fillers addition on curing and adhesion strength of moisture-curing one-component polyurethane adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 108, 102871. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2021.102871>
- [9] Najib, M. F., Nobari, A. S., & Nikbin, K. (2017). Modification and evaluation of a FRF-based model updating method for identification of viscoelastic constitutive models for a nonlinear polyurethane adhesive in a bonded joint. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 74, 181–193. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2017.01.013>
- [10] Naraghi, T., & Nobari, A. S. (2015). Identification of the dynamic characteristics of a viscoelastic, nonlinear adhesive joint. *Journal of Sound and Vibration*, 352, 92–102. <https://doi.org/10.1016/J.JSV.2015.05.010>
- [11] Boutar, Y., Naïmi, S., Mezlini, S., da Silva, L. F. M., & ben Sik Ali, M. (2017). Characterization of aluminium one-component polyurethane adhesive joints as a function of bond thickness for the automotive industry: Fracture analysis and behavior. *Engineering Fracture Mechanics*, 177, 45–60. <https://doi.org/10.1016/J.ENGFRACMECH.2017.03.044>
- [12] Tenorio-Alfonso, A., Sánchez, M. C., & Franco, J. M. (2021). Impact of moisture curing conditions on the chemical structure and rheological and ultimate adhesion properties of polyurethane adhesives based on castor oil and cellulose acetate. *Progress in Organic Coatings*, 161, 106547. <https://doi.org/10.1016/J.PORGCOAT.2021.106547>

- [13] Gama, N., Ferreira, A., & Barros-Timmons, A. (2019). Cure and performance of castor oil polyurethane adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 95, 102413. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2019.102413>
- [14] Hennemann, K. K., & Lenz, D. M. (2019). Structural methacrylate/epoxy based adhesives for aluminum joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 89, 11–18. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2018.11.006>
- [15] Sawicz-Kryniger, K., Niezgoda, P., Stalmach, P., Starzak, K., Wysocka, A., Świergosz, T., & Popielarz, R. (2022). Performance of FPT, FTIR and DSC methods in cure monitoring of epoxy resins. *European Polymer Journal*, 162, 110933. <https://doi.org/10.1016/J.EURPOLYMJ.2021.110933>
- [16] Wang, Z., Zhang, X., Yao, S., Zhao, J., Zhou, C., & Wu, J. (2022). Development of low-shrinkage dental adhesives via blending with spiroorthocarbonate expanding monomer and unsaturated epoxy resin monomer. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 133, 105308. <https://doi.org/10.1016/J.JMBBM.2022.105308>
- [17] Ranji, S., & Cheon Lee, M. (2022). Study on synthesizing new urethane epoxy adhesives and their adhesive properties on different substrates. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 117, 103174. <https://doi.org/10.1016/J.IJADHADH.2022.103174>
- [18] <https://www.britannica.com/technology/adhesive/Synthetic-adhesives>
- [19] <http://www.wikoragaszto.hu/ragasztobiblia/a-ragasztas-tortenete>
- [20] https://www.compositesworld.com/cdn/cms/cw_whitepaper_scigrip_mma_intro.pdf
- [21] <https://www.chemixguru.com/what-is-pur-adhesive/>
- [22] <https://www.iqsdirectory.com/articles/adhesive/silicone-adhesives.html>
- [23] <https://www.technologynetworks.com/analysis/articles/ir-spectroscopy-and-ftir-spectroscopy-how-an-ftir-spectrometer-works-and-ftir-analysis-363938#D1>
- [24] <https://www.jasco-global.com/principle/principles-of-infrared-spectroscopy-4-advantages-of-ftir-spectroscopy/>
- [25] https://industry.sika.com/content/dam/dms/hucon/w/sikapower_-1277.pdf
- [26] https://industry.sika.com/content/dam/dms/hucon/8/sikaflex_-252.pdf
- [27] https://proventuss.eu/wp-content/uploads/2022/07/TDS-dowsil-895-structural-glazing-sealant_EN.pdf
- [28] https://www.soudal.hu/sites/default/files/soudal_api/document/F0027472_0001.pdf
- [29] <https://www.statista.com/statistics/1304804/global-polyurethane-adhesives-market-size/>
- [30] <https://www.futuremarketinsights.com/reports/industrial-adhesives-market>
- [31] <https://www.psmarketresearch.com/market-analysis/construction-adhesives-market>
- [32] <https://straitsresearch.com/report/automotive-adhesive-tapes-market>