

Tézisfüzet

**A hőmérséklet eloszlás alakulása az aszfalt burkolatú
útpályaszerkezetekben és ennek hatása a pályaszerkezeti rétegek
méretezésére, technológiai tervezésére**

című Ph.D. értekezéshez

Pethő László, okl. építőmérnök

Témavezető:

**Dr. Fi István, egyetemi tanár
tanszékvezető, az MTA doktora**

**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Út és Vasútépítési Tanszék**

2008

1. Az értekezés célkitűzései, a kutatási munka rövid leírása

Az útpályaszerkezet az egyik legkomplexebb építőmérnöki szerkezet. Ennek oka, hogy a szerkezete több rétegből tevődik össze, az egyes rétegek különböző anyagokból épülnek fel és mindez rendszerint a földművön fekszik. Nehezíti a méretezési körülményeket, hogy egyrészt az egyes rétegek terhelésre adott válasza eltérő, másrészt, hogy a hidraulikus kötőanyagú alaprétegek a termikus igénybevételek következtében anyagi folytonossági hiányt generálnak a szerkezetben, illetve a tervezett bővítések már építésükkor inhomogén csatlakozást jelentenek.

Az aszfalt pályaszerkezeti rétegek további igen fontos jellemzője, hogy a pályaszerkezeti rétegek anyagi jellemzői a hőmérséklettől nagymértékben függenek. Az egyes rétegek hőmérséklete, illetve ennek megfelelően anyagi jellemzője időben ezért folyamatosan változik, ami a pályaszerkezet modellezését, méretezését tovább bonyolítja.

Az útpályaszerkezetek vastagsági és anyagi paramétereinek tervezése az 1960-as, '70-es évektől kezdve egyre inkább támaszkodik a mechanikai méretezésre. Ezt egyrészt az tette lehetővé, hogy az építőanyagok tulajdonságait a szakemberek egyre jobban megismerték, másrészt az, hogy az építőanyagok homogenitása, teljesítménye javult, mivel a kifejlesztett technológiák, az építőanyagot előállító gépek és a beépítő gépláncok egyre fejlődtek.

Az általam elkészített értekezés célja az, hogy pályaszerkezetekben ténylegesen mért hőmérséklet-eloszlások kiértékelésével az egyes pályaszerkezeti rétegek hőmérsékletük függvényében változó tulajdonságai optimalizálhatóakká váljanak, betöltött funkciójukat tekintve. A disszertációban az aszfalt pályaszerkezetek teherbírasi fáradását vizsgálom. A teherbírasi fáradást alapvetően befolyásolják a pályaszerkezeti rétegek geometriai adatai, anyagi tulajdonságai, az egyes szerkezeti elemek egymásra hatása és a forgalom. Az értekezésben a méretezési folyamat egyik részlemét, a pályaszerkezet fáradásra történő méretezését vizsgálom meg a hőmérsékletváltozás hatásai szempontjából. Bemutatom az anyagi tulajdonságok hőmérsékletfüggő meghatározásának fontosságát és megvizsgálom, hogy a fáradás szempontjából mely hőmérsékleti értékek, illetve ennek megfelelően mely időszakok tekinthetők mértékadónak. Elemzem továbbá, hogy a külső hőmérséklet és a pályaszerkezetben keletkező igénybevételek milyen kapcsolatban állnak egymással. Nem foglalkozom külön az alépitmény méretezésével, annak tulajdonságait az időben állandónak vesszem, tekintve, hogy a kivitelezés és üzemeltetés során a méretezési értékek elérése és szinten tartása megvalósítható.

A pályaszerkezet méretezéshez alkalmazott hőmérsékleti értékeket egy új építésű, forgalom alá helyezett pályaszerkezetben elhelyezett hőmérsékletmérő szolgáltatta. Az útpályaszerkezetben elhelyezett mérőállomás minden 10. percben rögzítette a léghőmérsékleten túl a pályaszerkezet hőmérsékletét, 0 cm; -2 cm; -7 cm; -14 cm; -29 cm; -49 cm mélységekben. 24 óra alatt ennek megfelelően 144 adatsor, 365 nap alatt 52.560 adatsor került rögzítésre. A mérőállomás a mért és rögzített adatokat GSM adapteren keresztül, minden héten két alkalommal e-mail üzenetként juttatta el számomra.

2. Tézisek

1. tézis

Egy aszfaltkeveréket tervezési forgalomra történő méretezése szempontjából nem csak egy kiválasztott hőmérsékleten értelmezett merevsége jellemez, hanem a merevség hőmérséklet szerinti változása is.

A keveréket az ekvivalens hőmérsékleten mért és értelmezett merevségi modulusa bizonyos mértékig reprezentálhatja, a merevségi modulus hőmérséklet szerinti változása azonban hatással van a pályaszerkezet méretezésére.

1.1 tézis

A merevség változása a laboratóriumi vizsgálatok alapján függvényszerűen leírható. Az aszfaltkeverék hőmérséklettől függő viselkedésének megfelelően a változás +10°C - +50°C hőmérsékleti tartományban harmadfokú polinommal, +10°C - -20°C hőmérsékleti tartományban lineáris függvénnyel írható le [1].

Az egyes rétegek hőmérséklettől függő modellezésének céljából négy aszfaltkeverék típust vizsgáltam, amely keverékek merevségének a hőmérséklet függvényében való változását leíró összefüggéseket regressziós összefüggések segítségével határoztam meg. A függvényeket a 2.1. táblázatban foglaltam össze.

hőmérsékleti tartomány	-20°C - +10°C	+10°C - +55°C	
keverék	merevségváltozás egyenlete a hőmérséklet függvényében	merevségváltozás egyenlete a hőmérséklet függvényében	R ²
AB-11/F	$y = -702,56x + 18669$	$y = -0,1167x^3 + 19,743x^2 - 1117,2x + 21307$	1.00
K-22/F	$y = -695,88x + 22779$	$y = -0,2212x^3 + 32,771x^2 - 1663,3x + 29537$	1.00
mK-20/NM	$y = -700x + 19636$	$y = -0,0785x^3 + 13,984x^2 - 888,43x + 20201$	1.00
mZMA-12	$y = -700x + 18311$	$y = -0,1498x^3 + 22,031x^2 - 1122,2x + 20480$	1.00

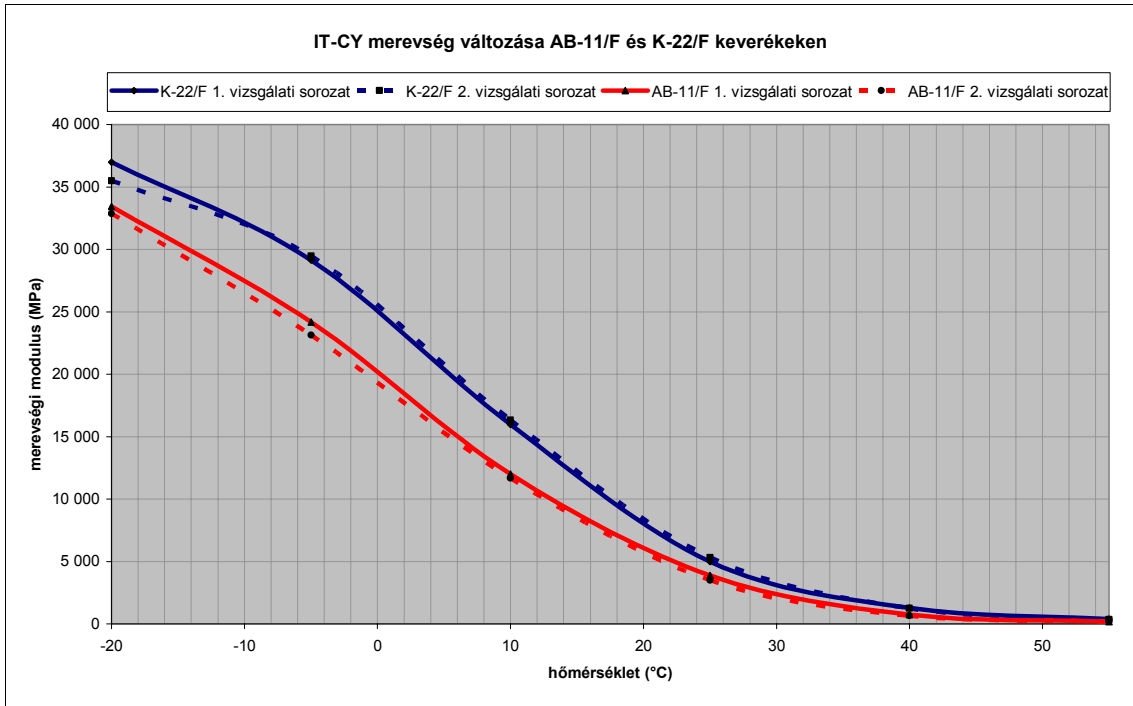
2.1. táblázat: A merevségi modulus változását leíró egyenletek különböző aszfaltkeverékek esetén

1.2. tézis

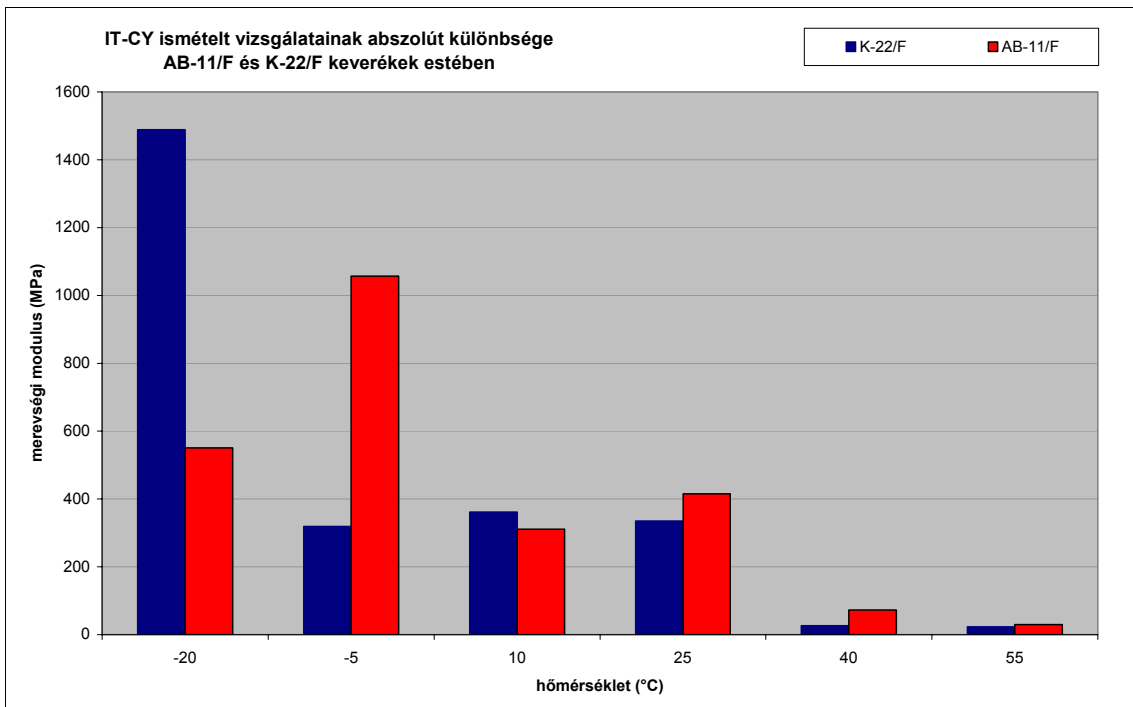
A merevségi modulus meghatározására irányuló vizsgálatok különböző hőmérsékleteken, illetve azonos próbatesteken végrehajthatóak és a vizsgálatok ismételhetők.

Vizsgálattal igazoltam, hogy egy adott keverékből készített azonos próbatesteken, más-más hőmérsékleti értékeken az IT-CY merevség vizsgálat ismételhető. Az ismételhetőségi vizsgálathoz K-22/F és AB-11/F keveréket használtam.

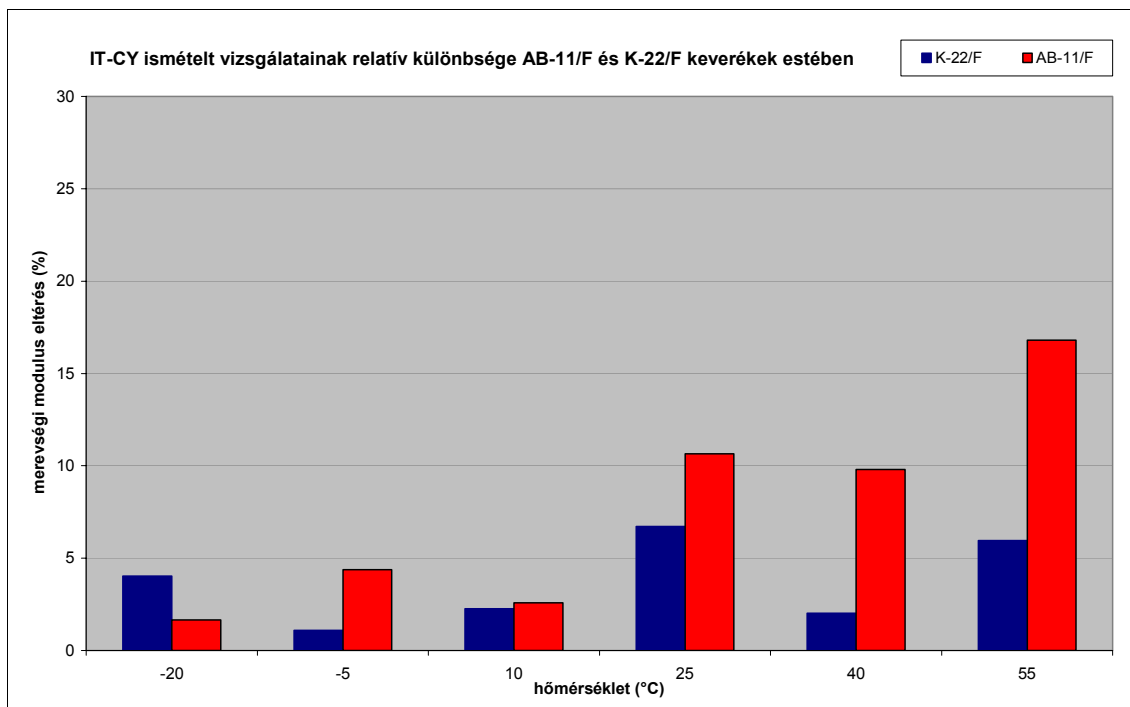
Az első vizsgálati sorozat elvégzését követően a próbatestek legalább 1 napig pihentek, majd a második vizsgálati sorozatnak megfelelő hőmérsékleti értékek mellett a vizsgálatot ugyanazon vizsgáló személy, az első vizsgálati sorozattal megegyező körülmények között hajtotta végre. Az eredményeket a 2.1. ábra - 2.3. ábra mutatja be.



2.1. ábra: Az IT-CY vizsgálat ismételhetősége, a merevségi modulus hőmérsékletfüggő változása



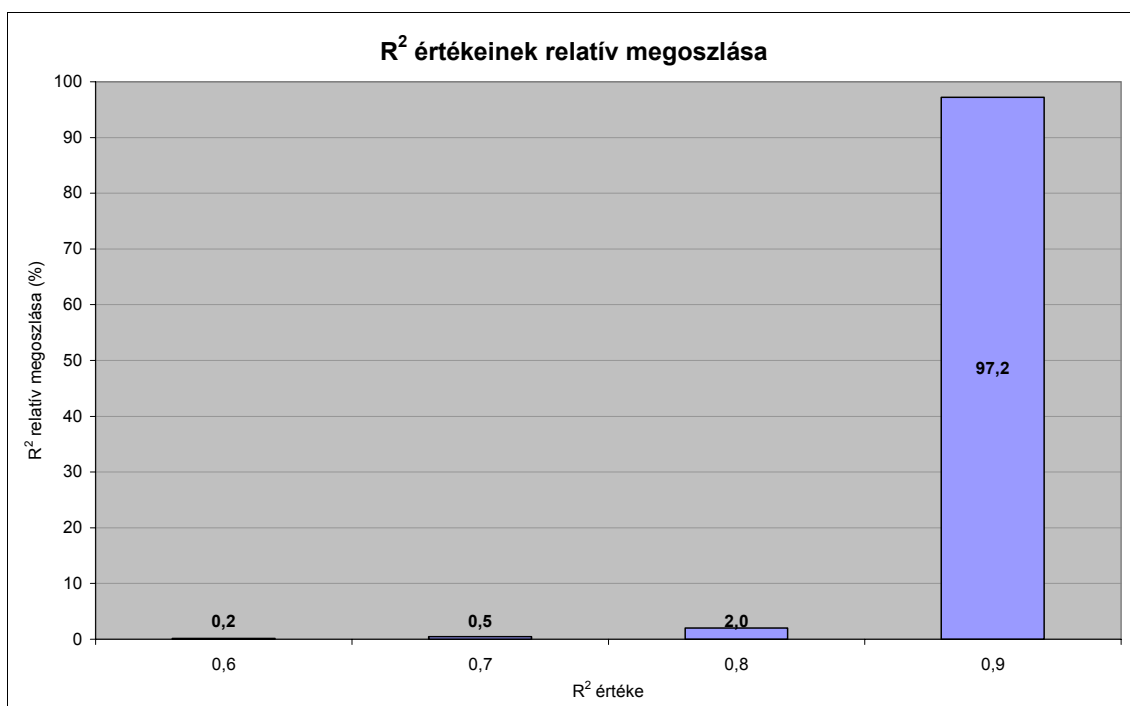
2.2. ábra: Ismételt IT-CY vizsgálatok abszolút különbsége



2.3. ábra: Ismételt IT-CY vizsgálatok relatív különbsége

2. tézis

Az aszfalt pályaszerkezet léghőmérséklettől függő hőmérséklete a mélység függvényében harmadfokú polinommal írható le, a korrelációs együttható az esetek 99%-ában 0,9 fölötti értéket vesz föl [1].



2.4. ábra: A függőleges hőmérséklet eloszlásra illesztett harmadfokú polinom R² együtthatóinak relatív megoszlása

A pályaszerkezeti hőmérséklet folyamatos változásának leírására, a változó hőmérséklet egy, vagy néhány jellemző konkrét hőmérsékleti értékkel történő kifejezhetőségének a lehetőségét megvizsgáltam, de ez a pályaszerkezetre nézve információvesztéssel jár, ezért a mélységi értelemben 6 mért ponttal jellemzett hőmérsékleti értékre a mélység függvényében regressziós görbét illesztettem.

52.560 mérési eredményre elvégeztem a korrelációs számítást, ahol az együtthatók értékeinek és az R^2 értékeinek a kiolvasása és adatbázisban történő rögzítése is megtörtént.

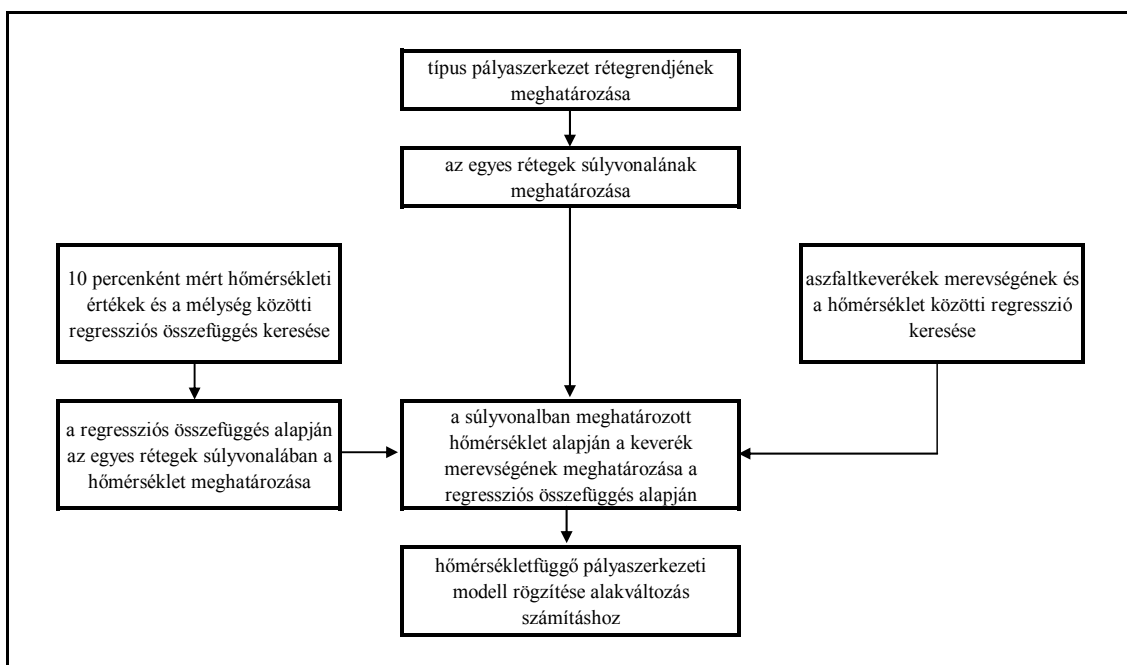
A regressziós összefüggést minden esetben egy harmadfokú polinom kielégítette, 246 esetben maradt a korrelációs együttható 0,8 alatt, 173 esetben pedig 0,7 alatt, amely vizsgálati darabszámok az esetek mintegy 0,5-0,5%-át teszik ki. Az R^2 relatív eloszlását az összes mérési esetet nézve a 2.4. ábra mutatja be. Ennek alapján állítható, hogy a pályaszerkezet egyes rétegeinek súlyvonalában értelmezett hőmérséklet regressziós függvények alkalmazásával meghatározható.

3. tézis

A pályaszerkezetben lezajló, a fáradási méretezés szempontjából releváns hőmérsékletváltozási folyamat megbízható modellezésére egy algoritmust adtam meg, mely algoritmus alkalmazásával az információvesztés minimálisra szorítható [1].

A hőmérséklet függvényében a különböző keverékekből és különböző alaprétegekből felépített pályaszerkezetek vizsgálata lehetséges, mivel a modellalkotás során egyfelől bármely időpillanatban meg lehet határozni adott mélységben a hőmérsékletet, illetve ennek a hőmérsékletnek a függvényében meghatározható az adott keverék merevségi modulusa. Az algoritmus alkalmazása során lehetőség van a modellek számának csökkentésére, ez azonban a számítás pontosságát befolyásolja. Az egyenértékű felületi modulus számításának módszerével igazoltam, hogy a hajnali órákban mért hőmérsékletek, illetve a forgalom figyelembevételével a 0-4 óra, illetve 22-24 óra közötti időszakok átlagolhatóak, a többi időszakban pedig az óránkénti átlagolással a pályaszerkezetről a méretezéshez elegendő mennyiségű információ kapható.

Számításaimban a hazai gyakorlatban alkalmazott típus pályaszerkezeteket vettem alapul a **C**, a **D**, az **E** valamint a **K** forgalmi terhelési osztályban, 3 rétegfelépítést alkalmazva. Kétféle típus-pályaszerkezetet vizsgáltam, a teljes aszfalt pályaszerkezetet, illetve a 150 mm vastagságú CKt alaprétegre épített aszfalt pályaszerkezetet. Ennek megfelelően a próbaszámításokat nem tekintve $2*4*3=24$ pályaszerkezeti variánst vizsgáltam meg. A modellalkotás algoritmusát a 2.5. ábra mutatja be.



2.5. ábra: Pályaszerkezeti modellalkotás algoritmus

A disszertációban bemutatott számításaim során különböző pályaszerkezeti modellekkel számoltam. Egy nap 24 óráját tekintve 20 pályaszerkezeti modellt határoztam meg, így 365 nap során egy szerkezet vizsgálatára 7300 pályaszerkezeti modell felállítása vált lehetségessé.

4. tézis

Az aszfaltkeverékek fáradási egyeneseire kidolgoztam egy komplex összefüggést, mely a hőmérsékleti körülményeket és az ismétlődő terhelés jellegét egyaránt figyelembe veszi [1].

A fáradási görbék meghatározására irányuló vizsgálati eredményeket közvetlenül fel lehet használni méretezési paraméterként, illetve nagyszámú vizsgálati elemből álló kísérlet alapján általános összefüggések kereshetők a megengedett ciklusszám és igénybevétel között. Az általános összefüggés alapvetően a 2.1. egyenlet szerint leírt formában adható meg.

$$N = k_1 * (\varepsilon_{tensile})^{-k_2} \quad 2.1. \text{ egyenlet}$$

A 2.1. egyenlet az aszfaltkeverék fáradási tulajdonságát, az adott igénybevételhez tartozó megengedett terhelési ciklusszámot adja meg. Az aszfaltkeverékek hőmérsékletfüggő tulajdonságai következtében azonban az összefüggés értelmezésekor meg kell adni, hogy az egyenlet milyen hőmérsékleten értelmezhető.

A változó hőmérséklet mellett elvégzett kumulatív fáradásvizsgálat végrehajtásához az alábbi fáradási összefüggést dolgoztam ki, amely figyelembe veszi, hogy

- a fáradási görbe a hőmérsékletváltozás során a referencia hőmérsékleten értelmezett görbéhez képest önmagával párhuzamosan eltolódik;
- a fáradási görbe a terhelési szünetek beiktatása következtében eltolódik, amely eltolódás mértéke szintén hőmérsékletfüggő.

$$N = (10^{(f_1+f_2)} * f_3) * \varepsilon^{f_4} \quad 2.2. \text{ egyenlet}$$

ahol

f_1 a referenciahőmérsékleten értelmezett konstans kitevő. A $10^{(f_1)}$ érték a 2.1. egyenlet k_1 paraméteréből származtatható;

f_2 a hőmérsékletváltozást kifejező, a konstans kitevő értékét megváltoztató paraméter;

f_3 a terhelési szüneteket (*healing effect*) kifejező paraméter;

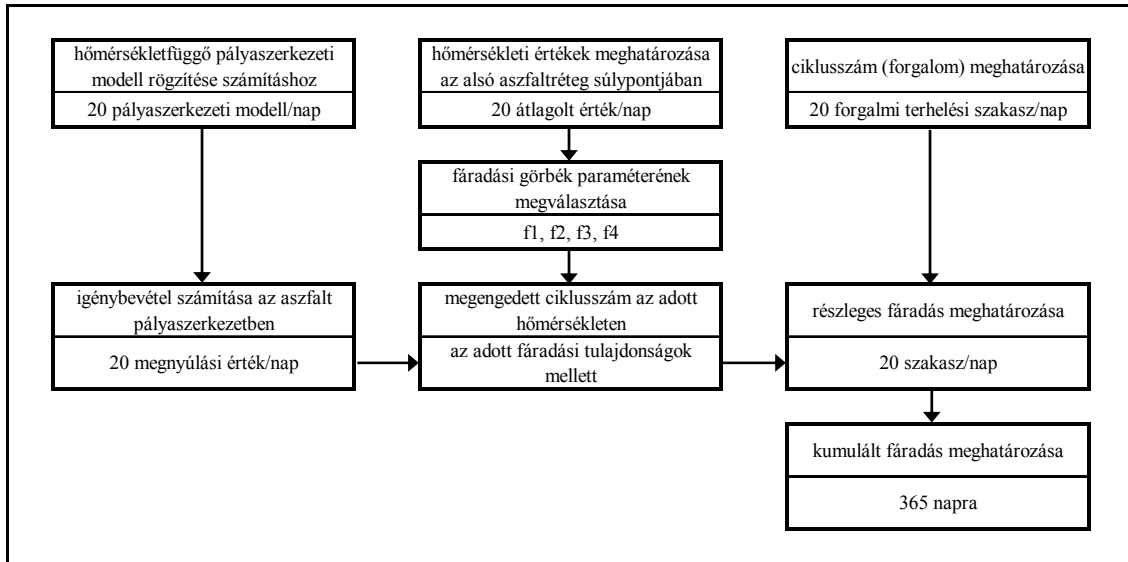
f_4 a referenciahőmérsékleten értelmezett kitevő. Az f_4 paraméter a 2.1. egyenlet k_2 paraméteréből származtatható.

5. tézis

A különböző típus-pályaszerkezetekben és a különböző forgalmi terhelési kategóriákban számított rongáló hatások alapján a fáradásra történő méretezés szempontjából releváns hónapokat lehatároltam. Megadtam a biztonsági tényezők új értelmezését a hőmérsékletek és a terhelési szünetek mértékének figyelembe vételével [1].

Egy MS Excelben írt segédprogram alkalmazásával minden egyes pályaszerkezet variánsához rendelt futtatás során kiszámítottam mind a 7300 pályaszerkezethez rendelt fáradási rész-értéket, melyet egy számként, a 365 napra számított kumulált fáradás értékeként összegeztem. A számítás algoritmusát a 2.6. ábra mutatja be.

Az idő függvényében meghatároztam továbbá a kumulált fáradási görbe pontról pontra változó értékét. Az így meghatározott kumulált fáradási görbe pontjaira ötödfokú polinom függvény illeszthető, melynek regressziós együtthatója ebben az esetben is megbízható függvénykapcsolatra utal. Az $R^2 > 0,9$ értéket felhasználva függvénykapcsolatként értelmeztem az idő függvényében a kumulatív fáradást. A függvény minden esetben egy jellegzetes lefutású görbét adott, nyári hónapokban szigorúan monoton növekvő szakaszokkal, őszi, téli és tavaszi időszakokban a görbe futását szemlélve olyan szakaszokkal, melyen belül a növekedés mértéke vizuálisan tekintve igen alacsony volt.



2.6. ábra: A kumulált fáradás számításának algoritmus a pályaszerkezeti modellek és fáradási modellek alapján

Az ötödfokú polinom vízszintes szakaszának lehatárolásának céljából minden esetben kiszámítottam a függvény első differenciálhányadosát és megkerestem, hogy mely független változó értéknél veszi föl a nulla értéket. A kumulatív fáradási függvény jellegéből fakadóan szigorúan monoton növekvő függvény és inflexiós ponttal kell, hogy rendelkezzen. Az elemzés során a cél azoknak a független változó értékeinek a meghatározása volt, melyekre igaz, hogy a differenciálhányados egy megfelelően kis ε értéket nem halad meg. A kumulált fáradási értékek a fáradási függvény paramétereinek változása miatt több nagyságrend terjedelműek voltak, ennek megfelelően ε értékét is változtatni kellett. Úgy találtam, hogy az egyes pályaszerkezetekre kiszámított kumulált fáradási érték és egy c konstans szorzata megfelelő ε értéket szolgáltat, így a vizsgálatok során az alábbi összefüggést alkalmaztam:

$$\frac{dy}{dx} < c \sum_{i=1}^n n_i$$

2.3. egyenlet

ahol

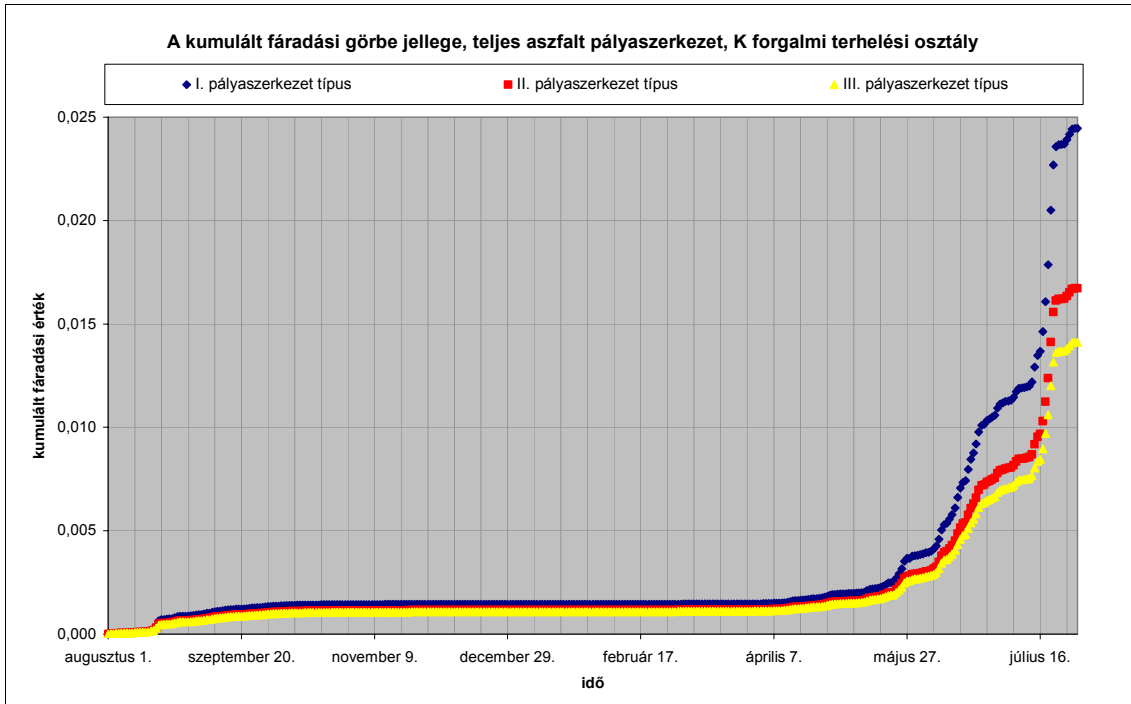
y a kumulált fáradásra illesztett polinom függvény;

x a pályaszerkezetek sorszama (indirekt módon az idő);

c konstans, $c=2E-5$;

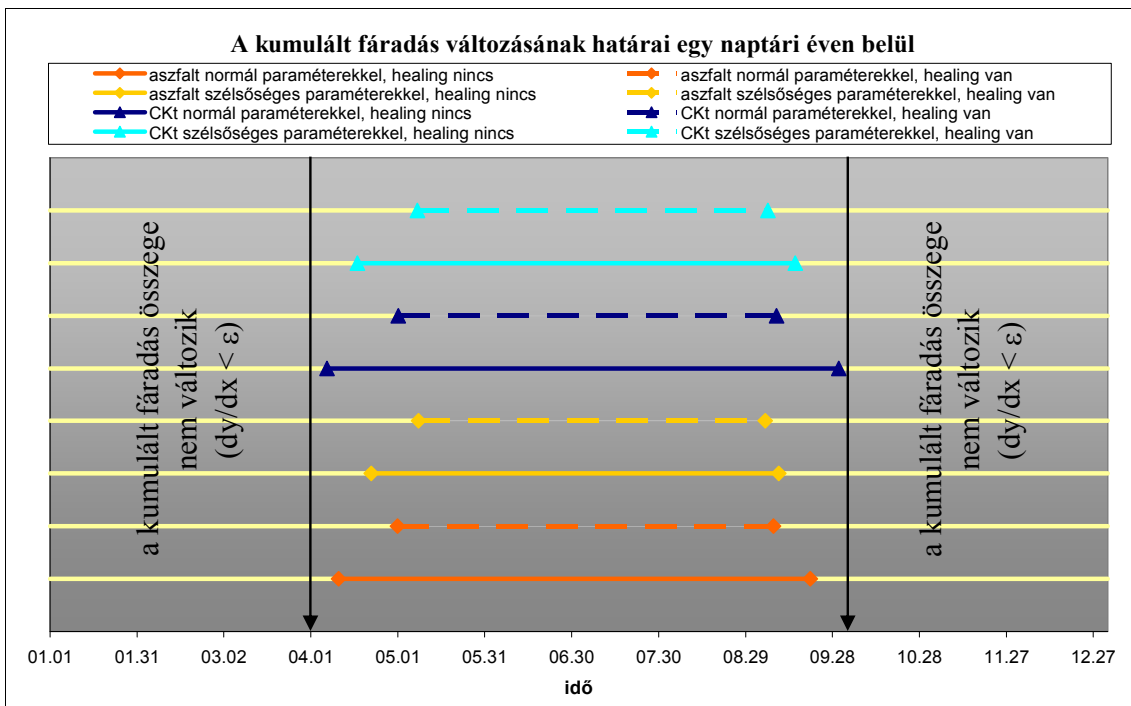
n_i az egyes fáradási rész-értékek a Miner hipotézis alapján.

A kumulált fáradási görbe jellegét a 2.7. ábra szemlélteti.



2.7. ábra: A kumulált fáradási görbe jellege 365 napra vetítve

A 2.2. egyenletet különböző paraméterekkel futtatva a kumulált fáradás szempontjából mértékadó időszakok lehatárolhatóak, melyet a 2.8. ábra szemléltet.



2.8. ábra: A fáradás szempontjából mértékadó időszakok lehatárolása

A biztonsági tényezők az itt bemutatott számítási elv alapján is értelmezhetőek, mégpedig

- a fáradási tulajdonságok hőmérsékletfüggő változásának figyelembevételével;
- a terhelési szünetek jelenségének figyelembevételével.

6. tézis

Módszert adtam a Miner hipotézis alapján a laboratóriumi és helyszíni viselkedések validálására. A validálási módszer dinamikusan tovább fejleszthető, az aszfaltkeverékek hőmérséklettől függő fáradásának és a terhelési szünetek hatásának pontosabb megfigyelésével, illetve a keverékek valós viselkedésének jobb leírásával.

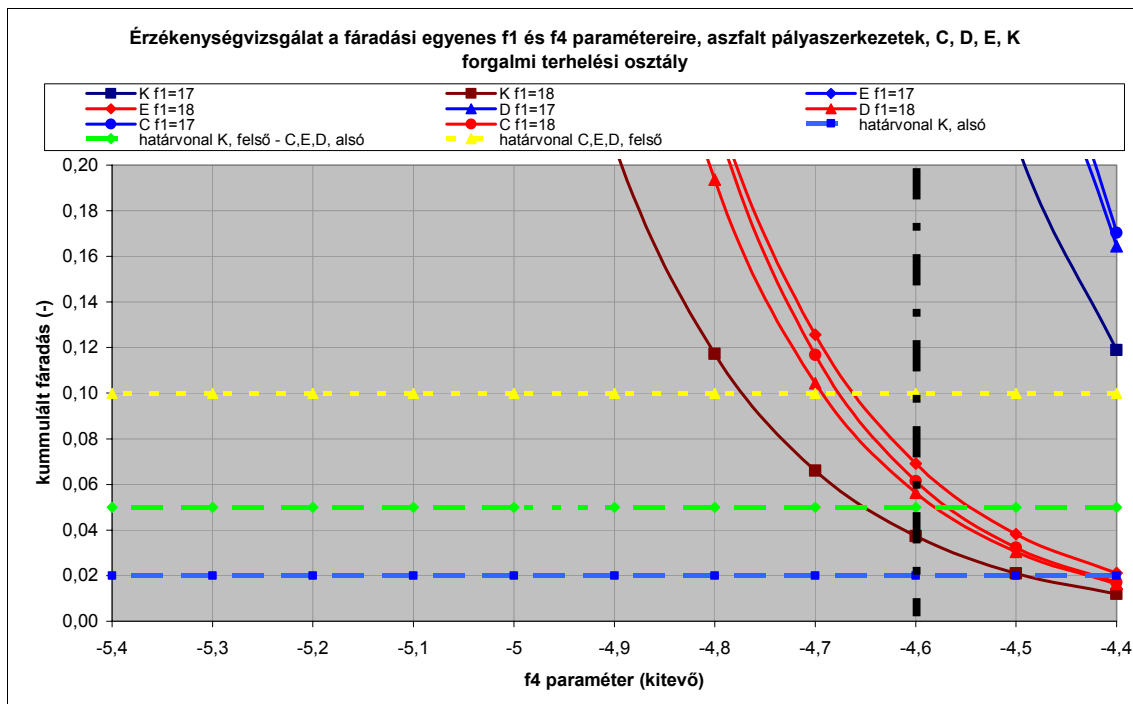
Az egyes forgalmi terhelési osztályokhoz rendelt pályaszerkezetekre két méretezési időtartamot feltételeztem, melyek a valóságnak fizikailag megfelelhetnek:

- a pályaszerkezetek a tervezési idő alatt tönkremennek, illetve;
- egy kedvezőbb esetet feltételezve a pályaszerkezetek a K forgalmi terhelési kategóriában a tervezési idő 2,5-szerese, alacsonyabb forgalmi terhelési kategóriában a tervezési idő 2-szerese alatt mennek tönkre.

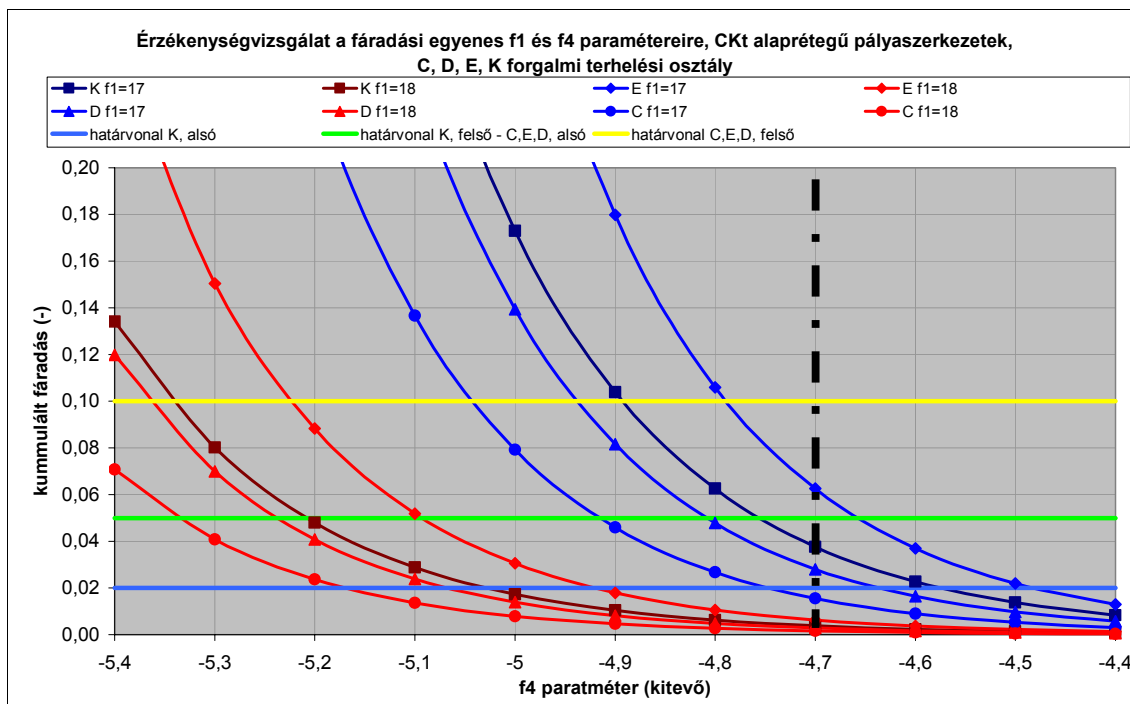
Az egyes évekhez rendelt maximális, egy évre vetített kumulatív fáradás értéke egyszerű osztással meghatározható. A számítási modell alapvetően figyelembe veszi, hogy

- a pályaszerkezetek méretezése során a tényleges tönkremenetel nem rendelhető konkrét időponthoz;
- a kiterjesztett tervezési élettartam a pályaszerkezet maximális használhatóságát jellemzi. Ennek megállapítása azonban elméletinek tekinthető, mivel hosszú távú megfigyelések nem állnak rendelkezésre, illetve a pályaszerkezetek az 5-6 évtizedes, nagytömegű aszfaltútépítésre visszatekintve nem üzemelnek kisebb-nagyobb beavatkozások nélkül.

Fenti megfontolásokat figyelembe véve a tényleges úthasználathoz rendelhető fáradási egyenes értelmezési tartományát meg lehet határozni a 2.9. ábra, valamint a 2.10. ábra alapján.



2.9. ábra: A kumulált fáradás a fáradási görbe változó paramétere mellett, teljes aszfalt pályaszerkezet



2.10. ábra: A kumulált fáradás a fáradási görbe változó paramétere mellett, CKt alaprégű aszfalt pályaszerkezet

7. tézis

A pályaszerkezet súlyozott merevsége és az aszfaltmegnyúlás, valamint az alsó rétegek hőmérséklete és az aszfaltmegnyúlás között szoros korrelációs együtthatóval, a léghőmérséklet és az aszfaltmegnyúlás, valamint a léghőmérséklet és a pályaszerkezet alsó rétegének hőmérséklete között, jó korrelációs együtthatóval kapcsolatot állapítottam meg. Ezek alapján egy pályaszerkezetben a megnyúlás mértéke táblázatok alapján is meghatározhatóvá válik, amennyiben a peremfeltételek (alépitmény, rétegtapadás, Poisson tényező) nem változnak [2].

Minden egyes típus pályaszerkezethez a modellalkotás során adatsorozatokat kellett rendelni, amely adatsorozatok a modellalkotásból fakadóan időpillanatról időpillanatra összetartozó adatokat jelentenek. Ezek az adatok az alábbiak:

- léghőmérsékleti adatok;
- hőmérsékleti adatok az egyes pályaszerkezeti rétegek súlyvonalában;
- a pályaszerkezet egyes rétegeinek merevségi modulusa;
- a pályaszerkezet vastagág szerint súlyozott egyenértékű merevségi modulusa;
- az aszfalt pályaszerkezeti rétegek alsó síkjában keletkező fajlagos megnyúlás;

A nagy tömegű, összetartozó adatsorozatokat felhasználva az alábbi regressziós összefüggéseket találtam a különböző változók között:

- az alsó rétegének súlyvonalában értelmezett hőmérséklet, illetve az alsó szál megnyúlása között szoros korrelációjú ($R^2 > 0,99$), exponenciális összefüggés határozható meg;
- vastagság szerint súlyozott egyenértékű modulus és az alsó szálban keletkező megnyúlás között szoros korrelációjú ($R^2 > 0,99$), hatvány összefüggés határozható meg;
- összetartozó léghőmérsékleti és a számított aszfalt megnyúlási adatok elemzése során viszonylag erős korrelációjú ($R^2 > 0,84$), exponenciális függvény szerint változó összefüggés határozható meg;

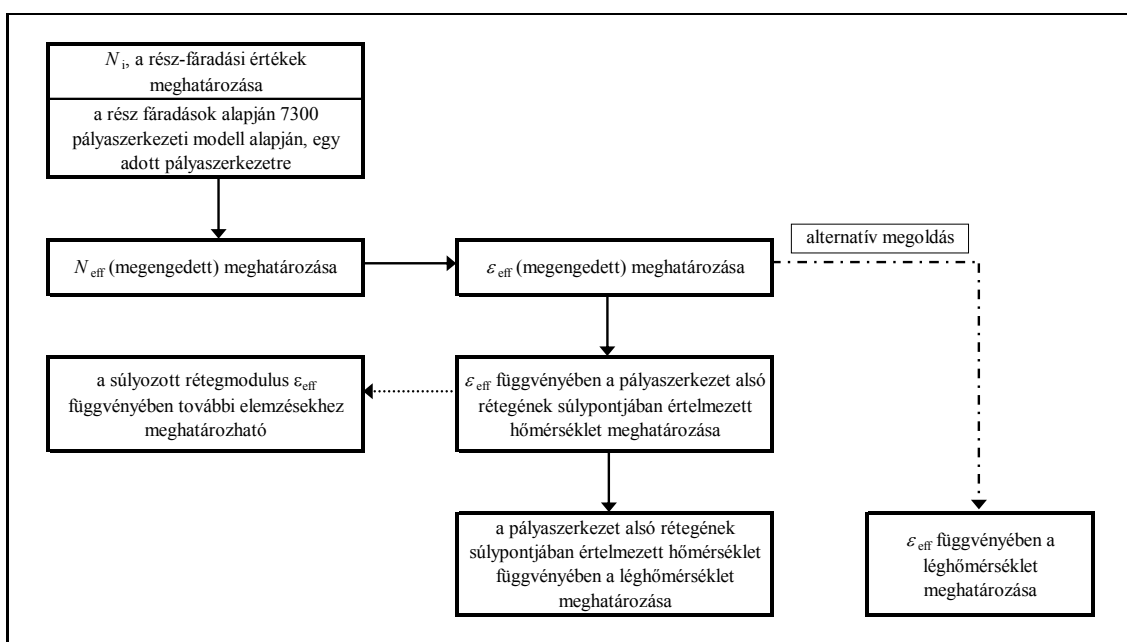
- az alsó réteg súlyvonalának hőmérsékleti értékei, illetve a léghőmérséklet között viszonylag gyenge korrelációjú ($R^2 > 0,80$), lineáris kapcsolat határozható meg.

Az összefüggések a pályaszerkezet vastagságától (forgalmi terhelési osztály) és a rétegfelépítés típusától (I., II., III.) függenek.

8. tézis

Kimutattam, hogy az ekvivalens hőmérséklet meghatározása során adatvesztés történik, már csak a pályaszerkezeti modellek számának csökkentéséből is. Módszert adtam továbbá arra, hogy a több éves léghőmérsékleti értékek felhasználásával milyen módon lehet a reális értékű ekvivalens hőmérsékletet meghatározni [2].

A fáradási rész-értékek számításánál alkalmazott fáradási alap egyenletet alkalmazva meghatározható az N_{eff} értékéhez tartozó ε_{eff} megnyúlás. Meghatározható az a léghőmérsékleti értéket, amely mellett ugyanakkora megnyúlási értéket kapunk, mint a részletes pályaszerkezeti modellek esetén.



2.11. ábra: Az ekvivalens hőmérséklet meghatározásának algoritmusai

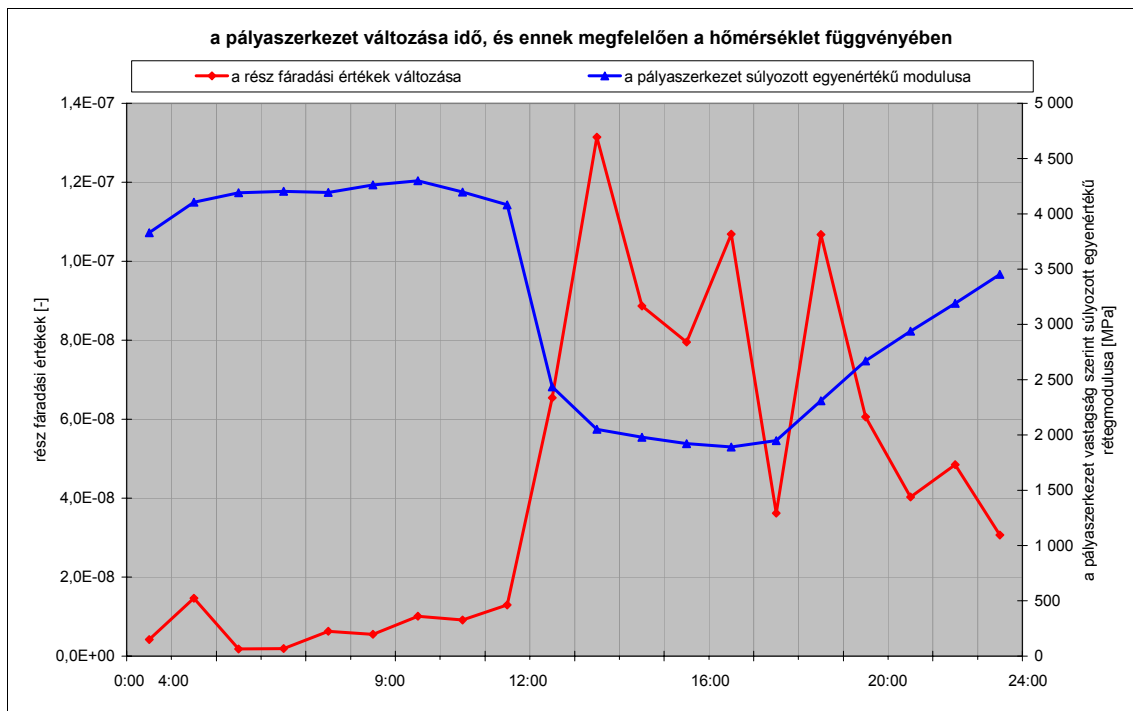
Az itt bemutatott módszer alkalmazásával kapott eredményekkel rámutattunk arra, hogy az ekvivalens hőmérséklet meghatározása történhet a léghőmérséklet alapján, azonban

- értéke az eddig alkalmazott értékeknél magasabbra adódik;
- ennek megfelelően a havi léghőmérsékleti értékek súlyszámait úgy kell meghatározni, hogy a nyári hónapokra vonatkozó értékek magasabb súllyal szerepeljenek a számításban;
- a számítások során az aszfalt hőmérsékletfüggő fáradási tulajdonságai ezt az értéket relatív és abszolút értékben is jelentősen befolyásolhatják.

9. tézis

Kimutattam, hogy melyek a méretezés szempontjából releváns napszakok (a lehatárolt hónapokon belül), amely információ közlekedésszervezési és fenntartási beavatkozásokkal együtt hosszú élettartamú burkolatok tervezését segíti elő [2].

Egy nyári napot ábrázol a 2.12. ábra, ahol az idő függvényében feltüntettem a fáradási rész-értékeket (nem kumulálva), valamint a pályaszerkezet vastagság szerint súlyozott egyenértékű merevségét. Jól szemléltethető, hogy az egyes fáradási rész-értékek kora délután a hajnali órákhoz képest jelentősen megnőnek. A fáradási rész-értékek eloszlása természetesen forgalomfüggő és éppen ennek a megfontolásából az olyan pályaszerkezetek esetében, ahol a csúcsforgalmi terhelés a délutáni, késő esti órákra esik, a pályaszerkezetet ennek ismeretében kell felépíteni, vagy a fenntartás keretében a hőmérsékletcsökkentést meg kell oldani (például rendszeres locsolással, világos színű felületi bevonat készítésével, stb.).



2.12. ábra: A pályaszerkezet modulusának, és a fáradási rész-értékeknek változása az idő (és hőmérséklet) függvényében, egy nyári napra vonatkoztatva

3. Publikációs jegyzék

1. László Pethő: Influence of temperature distribution on the design of pavement structures; Periodica Polytechnica; megjelenés alatt
2. István Fi, László Pethő: Calculation of the equivalent temperature of pavement structures; Periodica Polytechnica; megjelenés alatt
3. Dr. Pallós I. – Tóth Csaba – Pethő László: Az ISPA projektek II. üteme során javasolt felújítási technológiák, Közúti és Mélyépítési Szemle 2004. 6. szám, pp.7-10.
4. Tóth Csaba – Pethő László: Hozzászólás; Pej Kálmán: Főútvonalak burkolat megerősítésének tervezői tapasztalatai c. cikkéhez, Közúti és Mélyépítési Szemle 2006. 2. szám, pp.35-36.
5. Pethő László – Sík Csaba: Kisforgalmú utak gazdaságos pályaszerkezetei, Közúti és Mélyépítési Szemle, 2006. november, pp.24-28.
6. Pethő László: Kompaktaszfalt a pályaszerkezetben; Közúti és Mélyépítési Szemle; várható megjelenés 2008 tavasza
7. Dr. Fi István – Pethő László: Az M1 autópálya, bal pálya, 30+000 – 31+000, valamint 22+000 – 25+000 km szelvények közötti szakaszának vizsgálatai; Mélyépítő Tükörkép; 2007. október, pp.28-33.
8. Pethő László: Kisforgalmú utak gazdaságos pályaszerkezetei, X. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, pp.271-277., Csíksomlyó, 2006. június 14-16.,

4. Nyilvános előadások tartása

- Pethő László: Zajcsökkentő hatású aszfaltburkolatok összehasonlító elemzése, TDK konferencia (I. helyezett), 2001. november
- Pethő László: Pályaszerkezet méretezési tapasztalatok, TPA Workshop, Kiskőrös, 2004. március 18.
- Pethő László: Zementstabilisierter Tragschichten, TPA Workshop, Wien, 2004. április 06.
- Pethő László: Hulladékhasznosítás az útépítésben, Bauholding belső képzés, Budapest, 2005. február 14-15.
- Sík – Pethő: Economic Pavement Structures for Low Traffic Roads, Pozsony, 2005. november 22.
- Pethő László: Entwicklungen zur Unterstützung der Anwendung von Kaltremix Technologie, TPA Workshop, Praha, 2006. március 22-23.
- Pethő László: FWD méréseken alapuló útpályaszerkezet megerősítés, 11. MAUT Útépitési Akadémia 2007. június 12., Budapest, Makadám Klub
- Pethő László: A kompakt aszfalt pályaszerkezetek építése és alkalmazásának céljai, 34. Útügyi Napok, Eger, 2006. szeptember 13-15.
- Pethő László: Analitikus pályaszerkezet megerősítés-méretezés, alkalmazás és háttér, 35. Útügyi Napok, 2007. szeptember 12-14. Debrecen
- Pethő László: A kompaktaszfalt alkalmazásának kérdései az építés, a fenntartás, valamint a szerkezeti stabilitás szemszögéből, I. HAPA F fiatal Mérnökök Fóruma, 2007. november 8.

5. Fontosabb gyakorlati munkák

- ISPA II 115 kN-ra történő burkolat megerősítési program, 2003. -2004, UKIG jelentés az ISPA II. programba bevont útszakaszok megerősítéséről
- A dél-alföldi régió önkormányzati utcáinak kiépítési lehetőségei, 2004, Ipari Hulladékhasznosító Kht. részére készített tanulmány
- M35 autópálya Görbeháza – Debrecen, Laboratóriumvezető 2004 – 2006, A 35 km hosszú építési szakasz teljes körű minőségellenőrzése
- M0 – M1 csomópont, „H” ág, burkolat-felújítás, hidegremix technológia, 2006, SAT részére készített szakvélemény
- Hofer, Biatorbágy, pályaszerkezeti alternatívák kidolgozása, 2006, Strabag Budaörs
- Egyszemcsés adalékanyagok és bányameddők anyagának felhasználása az útéépítésben, 2004 – 2006, GVOP-3.3.3-2004-04-0004/3.0 számú pályázat vizsgálatának koordinálása valamint zárójelentésének elkészítése
- Szemkihagyásos szemeloszlású kötőanyag nélküli szemcsés rétegek teherbírása, 2006, Strabag Innovációs jelentés
- Vegyes kötőanyagú stabilizációk szilárdságának vizsgálata, 2006, Strabag Innovációs jelentés
- Strabag Bauholding innovációs tevékenységeinek koordinálása, 2006
- SPM, Strabag Pavement Management System kidolgozása az M5 autópálya mérési eredményei alapján, 2006,
- Aszfalthálók viselkedésének kutatása, 2007, tanulmány
- Az M1 autópálya meghibásodásának vizsgálata, bal pálya, 30+000 – 31+000, 22+000 – 25+000 km szelvények közötti szakaszok, 2007, Felújítási szakvélemény