

5. KÜLSŐ TÉRI VILÁGÍTÁS

5.1. Útvilágítás

A hétköznapi szóhasználatban elterjedt fogalom a „közvilágítás”. Ez alatt általában azokat a helyhez kötött (tehát nem a járműveken elhelyezett) világítási berendezéseket értjük, amely a közlekedésben résztvevők látását hivatottak segíteni, függetlenül attól, hogy a berendezés hol helyezkedik el (úton, parkolóban, hídon, aluljáróban, felüljárón, parkban, megállóban stb.) és a berendezésnek ki a tulajdonosa, kezelője (magánszemély, jogi személyiséggel rendelkező társaság, önkormányzat stb.). A műszaki és jogi szakemberek más-más szempontból közelítik meg a közvilágítás kérdését, ezért másképpen definiálják a fogalmat is. A témakört érintő szabványok is – amelyek az utóbbi években többször is megváltoztak – eltérő definíciókat adtak, és címük is ennek megfelelően alakult.

A korábban több évtizeden keresztül érvényes MSZ 09. 00.0214 számú magyar szabvány **közvilágításról** beszélt. Mivel ez a fogalom összekeverhető volt a 22/1992. (IX. 3.) IKM rendelettel módosított, a közvilágításról szóló 11/1985. (XI. 30.) IpM rendelet mellékleteként kiadott „KÖZVILÁGÍTÁSI SZABÁLYZAT” jogi meghatározásával, a 2000 júniusától hatályba lépett MSZ 20194 szabványa a „közvilágítás” fogalma helyett a „**közforgalmú területek mesterséges világítása**” kifejezést használta. Ezt a tiszavirág életű szabványt 2004 májusától az EU normatívákkal harmonizáló MSZ EN 13201 szabvány váltotta fel, amely a félreérthető „közvilágítás” fogalma és a nehézkes „közforgalmú területek mesterséges világítása” terminológia helyett egyszerűen „**útvilágítás**”-t említ.

Az MSZ EN 13201 szabvány ugyan nem definiálja az *útvilágítás* fogalmát, de bevezető rendelkezéséből kitűnik, hogy a szabvány „**rögzített világítóberendezésekre alkalmazható, amiket külsőtéri közforgalmú közlekedési területeken a jó láthatóság biztosítására szántak a sötét órák alatt annak érdekében, hogy támogassa a forgalombiztonságot, a forgalom folyamatosságát és a közbiztonságot**”.

A szabvány felépítése, logikája és néhol rendelkezései jelentősen eltérnek a korábbi normatíváktól. A világítástechnikai követelményeket ugyan igyekszik a tényleges forgalmi helyzetnek megfelelő látási igényekhez igazítani, de eközben jelentős tervezői szabadságot hagy, és érdemben nem tárgyal olyan közlekedési szituációkat (gyalogátkelők, vasúti keresztezések, aluljárók, alagutak stb.), amelyek egyedi tervezői elbírálást igényelnek. Jegyzetünk ezen fejezetében – bár ismertetjük az érvényben lévő szabvány főbb rendelkezéseit – az útvilágítás témakörét a látási feladatokból kiindulva, a korábbi szabványok hasznos előírásait is felhasználva kívánjuk összefoglalni.

5.1.1. Látási feladatok a közforgalmú területeken

A közforgalmú területeken – annak méretei és nyitottsága miatt – a nappali viszonyoknak megfelelő vagy azt megközelítő mértékű mesterséges világítást csak igen költségesen, gazdaságtalanul lehetne kialakítani. A mesterséges világítás célja ezért itt nem a nappali fénytechnikai paraméterek megközelítése, hanem olyan minimális látási feltételek biztosítása, amely lehetővé teszi a biztonságos közlekedést, a köz- és vagyonszükséglet fenntartását. Az ezzel kapcsolatos látási feladatok eltérő módon jelentkeznek a közlekedés résztvevőinél (járművezetők, gyalogosok).

A járművezetők viszonylag nagy sebességű gépjárműben haladnak, ezért rövid idő áll rendelkezésükre, hogy a vizuális információkat beszerezzék, és a szükséges irány- vagy sebességkorrekciót végrehajtsák. Viszonylag nagy távolságból észlelniük kell az út vonalvezetését, az úton álló vagy fekvő akadályokat, és folyamatosan látniuk kell a közlekedés mozgó résztvevőit is, hogy cselekvési szándékukra előre következtethessenek. Mindez az igény azonban csak korlátozott látótérben jelentkezik, hiszen a járművek kialakítása eleve lehatárolja a vezető látóterét, másrészt a nagy sebesség miatt a járművezető

úgyis csak a haladási irányból és annak környezetéből vár hasznos információt. Számára fontos az út állapotának megismerése (kátyúk, buckák, útburkolati jelek stb.), az úttesten illetve ahhoz közel álló és mozgó tárgyak és személyek észlelése (járművek, személyek, állatok, jelzőtáblák, egyéb műtárgyak). Ezek az objektumok más-más világítási móddal tehetők jól láthatóvá. Az út állapotát, az útburkolati jeleket megfelelő szintű horizontális vagy félszférikus megvilágítás esetén látjuk jól, míg a közlekedés más résztvevőit, az akadályokat és egyéb objektumokat a vertikális ill. félhengeres megvilágítás növelésével tehetjük észlelhetőbbé. Ez a többrétű világítási feladat fokozott elvárást állít a világítástechnikusok elé, melyet egyetlen világítási móddal nem is lehet gazdaságosan és jól megoldani. A horizontális megvilágítást az úttest felett elhelyezett, megfelelő fényeloszlású lámpatestekkel lehet biztosítani. Ez tehát a közvilágítás feladata. Ezzel szemben a vertikális megvilágítást a szemlélési pont magasságában elhelyezett lámpatestekkel tudjuk hatékonyan elérni. Ezt a célt szolgálják az autófényszórók, melyekkel külön szakterület foglalkozik, szem előtt tartva a vertikális megvilágításból eredő káprázás korlátozásának szükségességét. A félhengeres és félszférikus megvilágítást a lámpatestek fényeloszlásán túl azok elrendezése is befolyásolja.

A nagy sebesség – és ennek következtében a rövid észlelési idő – miatt nagyobb fénysűrűség elérésére, nagyobb megvilágítási szintre kell törekednünk, míg az észlelendő tárgyak, személyek viszonylag nagy mérete szükségtelenné teszi a megvilágítás bizonyos határon túli növelését. A járművezető szempontjából közömbösek az apróbb részletek, inkább csak az alakfelismerésre és a jó térbeli látásra kell törekednünk. Ugyanez vonatkozik a színészlelésre is, amely a közlekedés szempontjából nem mérvadó. Ennek megfelelően sem a jó színvisszaadás, sem a jó színlátást elősegítő nagy megvilágítási szint nem jelentkezik elsődleges elvárásként a járművezető szemszögéből.

Annál fontosabb a megvilágítás időbeli egyenletessége, amely – a sebességet is figyelembe véve – a megvilágítás térbeli egyenletességét előfeltételezi. Ennek hiányában a járművezető szeme fokozott adaptációs igénybevételnek van kitéve. Nagy sebesség mellett az egyenetlen megvilágítású út a járművezetőben a villódzás érzetét kelti, mely a látási teljesítmény romlásához, korai kifáradáshoz vezethet. Ennél azonban sokkal komolyabb veszélyforrás lehet az, ha az úton olyan nagy fénysűrűség különbségek alakulnak ki, amelyekre – a járművek sebességtartományát figyelembe véve – a vezető szemének „nincs ideje” adaptálódni, így rövid idejű (néhány másodperces) „vakvezetés” jön létre. Eltérő fénysűrűségű (megvilágítási szintű) helyek találkozásánál tehát alapvető biztonsági követelmény az adaptáció elősegítése, a „vakvezetés” kizárása.

Sajnos sok éjszakai baleset, és ennek nyomán számos igazságügyi szakértői vizsgálat igazolja, hogy rosszul megvilágított utak (árnyékos területek, nem üzemelő lámpatestek sorozata, megvilágítatlan kanyarok stb.) esetében csak azt hisszük, hogy mindent látunk, pedig szemünk tehetetlensége következtében nem is láthatunk bizonyos veszélyforrásokat. Mi magunk is megélhettünk már olyan eseteket, amikor egy látszólag jól megvilágított úttest mellett nagyon „sötét” padka vagy járda húzódott, és elsuhantunk olyan tárgyak vagy személyek mellett, melyeket korábban észre sem vettünk, csak akkor váltak láthatóvá, amikor már vészhelyzetben képtelenek lettünk volna megállni előttük vagy mellettük. Ezt a tényt minden járművezetőnek észben kell tartania, és számolnia kell azzal, hogy a világítástechnikusok legnagyobb igyekezte ellenére is kialakulhat a vakvezetés esete.

Hasonló vezetési szituáció alakul ki akkor is, amikor a látótérben nagy fénysűrűségű mező jelenik meg (rosszul beállított lámpatest, autófényszóró, reklámvilágítás stb.), mely megnöveli a retina megvilágítását (mintegy fényfátyolt hoz létre a retinán), ezáltal rontja a kontrasztviszonyokat, és az amúgy is csekély fénysűrűség különbségek gyakorlatilag érzékelhetetlenné válnak. Ez a káprázás esete, melyet a járművezetőknél fokozottan kerülni kell.

A gyalogosok látási feladatait elsődlegesen a köz-és vagyonbiztonsági szempontok határozzák meg. A közlekedés biztonsága itt is fontos ugyan, de a haladási sebesség miatt az észlelési idő elég nagy ahhoz, hogy kis megvilágítási szint mellett is elkerülhetők a veszélyhelyzetek, melyek a kis sebesség miatt már eleve nem jelentenek olyan nagy kockázatot, mint a gépjárművek esetében. (Közlekedésbiztonsági szempontból a legveszélyesebb helyzet gyalogosok úttesten történő átkelése, mely azonban a gyalogosok láthatóságával és nem a látási feladataikkal van összefüggésben.)

A gyalogosforgalom esetében a legfontosabb szempont a sötét környezetben a biztonságérzet megteremtése. Ez akkor valósítható meg, ha a járókelők megfelelő távolságból felismerik a környezetben tartózkodó ill. mozgó személyeket, sőt következtethetnek azok szándékaira is. Ehhez nem elegendő az alakfelismerés, szükséges az apróbb részletek (arcvonások, tekintet, kézmozdulatok stb.) megfelelő láttatása is. Ráadásul ezek a vizuális információk egyaránt érkehetnek bármely irányból, tehát nem számolhatunk kitüntetett nézési iránnyal. Mindez együttesen viszonylagosan nagy (vertikális és félhengeres) megvilágítást igényel, melynek a teljes közlekedési területen nagyjából egyenletesnek kell lennie. A jó egyenletesség mellett szól az is, hogy pszichikailag nyomasztó, ha sejtelmes, sötét zugok alakulnak ki.

Ugyancsak lélektani szempontból fontos a viszonylag helyes színészlelés is. A valóságtól eltérő bőrszín látszata ijesztő lehet. Ezt megfelelő színvisszaadású fényforrások választásával és a színlátáshoz szükséges megvilágítással lehet elkerülni.

A káprázás a gyalogos forgalom esetén is zavaró tényező, de nem jelent olyan nagy veszélyhelyzetet, mint a gépjárműforgalom esetében. Ugyancsak kisebb jelentőséggel bír az adaptáció biztosítása, mely a gyalogosok sebességéből adódóan automatikusan megvalósul.

5.1.2. A közforgalmú területek mesterséges világításának alapkövetelményei

Az előbbieken részletezett látási feladatok éjszaka sokkal kisebb megvilágítási szinten valósulnak meg, mint nappali körülmények között. A szem ilyenkor közel áll a sötétre adaptált állapothoz, és a látás főként a pálcikákkal, pusztán a fénysűrűség különbség érzékelése révén jön létre. A színlátás a csapok által csak nagyobb fénysűrűség estén – nagyobb megvilágítás mellett – alakul ki. A közforgalmú területek mesterséges világításával szemben támasztott elsődleges követelmény tehát a megfelelő **fénysűrűség különbség** – és ezáltal a jó kontrasztviszonyok – **létrehozása** az útfelületen. Így válik láthatóvá az út szegélye, vonalvezetése, az úttest egyenetlensége, az útburkolati jelek valamint az úton álló és mozgó akadályok. A mozgó tárgyakon a helyhez kötött világítás időben változó fénysűrűséget hoz létre, ezáltal a mozgó tárgyak felismerése könnyebb, mint az állóké.

Éjszaka a környezetnek a nappali viszonyokhoz viszonyított negatív képét látjuk. Ez azt jelenti, hogy míg nappal a horizont feletti látótér – melynek nagy részét az égbolt képezi – nagyobb fénysűrűségű, mint a horizont alatti útfelület, addig éjszaka ez a viszony megfordul. A megvilágított útfelület nagyobb fénysűrűségű lesz, mint a sötét háttér képező égbolt. A világos útfelület azonban vízszintes irányban csak a látótér 2÷3°-os szögtartományát teszi ki, és a kb. 25°-os ún. belső látótér sötétben marad. Ebben a térben azonban a járművezető számára olyan fontos vizuális információk lehetnek, mint például az út melletti tárgyak, személyek, és nem utolsósorban a közlekedési jelzések. A látás akkor optimális, ha szemünk a nézési irányba eső fénysűrűségekre adaptált. Ha az útfelület fénysűrűsége jelentősen eltér a belső látótér fénysűrűségétől, akkor a fovea és a periféria illeszkedési szintje nem azonos, tehát az útra és a környezetre váltakozva figyelő járművezető szeme folyamatos adaptációnak van kitéve, ami kifáradáshoz, a látás romlásához vezethet. Ez pedig balesetveszélyt jelenthet. Ennek elkerülése érdekében olyan világítást kell létrehozni, amely – akár az útfelület fénysűrűségének kis mértékű csökkenése árán is – a belső látótér nagyobb tartományában biztosítja az adaptációs fénysűrűségnek megfelelő szintet, ezáltal **elkerülhető a szem**

folyamatos adaptációs kényszere. Ezt figyelembe veszi az MSZ EN 13201 szabvány is, ami előírja az úttest melletti terület megfelelő szintű megvilágítását is. Mindezek ellenére előfordul az, hogy az úton ill. annak környezetében lévő tárgyakon, személyeken kisebb fénysűrűség alakul ki mint az útfelületen, ezáltal azok a járművezető előtt negatív kontraszttal jelennek meg. Ez a felismerhetőséget csökkenti.

A folyamatos adaptációs kényszer csökkentése érdekében **kerülni kell, hogy az útfelületen nagy fénysűrűség különbségű területek alakuljanak ki**, amely – az útfelület reflexiós tulajdonságait állandónak feltételezve – egyenletes megvilágítást igényel. A megvilágítás egyenletességét a szabvány – a korábban tanultaknak megfelelően – a vizsgált felületen létrejövő minimális megvilágítás (E_{\min}) és az átlagos megvilágítás (\bar{E}) hányadosaként értelmezi. A *megvilágítás egyenletessége*: $U_0 = \frac{E_{\min}}{\bar{E}}$. Ezt az összefüggést kell alkalmazni a horizontális és a félszférikus megvilágításra.¹

Adott vizsgálati terület *fénysűrűségének egyenletességét* az MSZ EN 13201 szabvány a megvilágítás egyenletességével analóg módon értelmezi, azaz:

$U_0 = \frac{L_{\min}}{\bar{L}}$ ahol U_0 a kijelölt terület – meghatározott szemlélési pontból észlelt – fénysűrűségének egyenletessége, L_{\min} a fénysűrűség minimális értéke a vizsgált területen, \bar{L} pedig a szemlélési pontból nézve a kijelölt útfelület átlagos fénysűrűsége. A fénysűrűség egyenletessége a vizsgált területet, mint kétdimenziós alakzatot jellemzi, és azt mutatja meg, hogy egy adott pontból szemlélve az útfelületet, annak láthatósága mennyire egyenletes. A mozgó jármű vezetője szempontjából azonban az is lényeges, hogy az úton való haladás során milyen fénysűrűségviszonyokkal találkozik, vagyis az út hossz tengelyével párhuzamosan milyen lesz a fénysűrűség egyenletessége. Ennek jellemzésére a szabvány a *fénysűrűség hosszegyenletességének* fogalmát (U_L) alkalmazza, melynek értéke:

$U_L = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}$ ahol L_{\min} és L_{\max} a szemlélési pontból nézve a kijelölt felületen az út valamely forgalmi sávjának közepvonalában értelmezett legkisebb ill. legnagyobb fénysűrűség. Egy adott terület hosszegyenletessége a forgalmi sávokban számított vagy mért hosszegyenletességek közül a legkisebb érték.

Az útvilágítás során – a gyakorlatban kialakuló fénysűrűség tartománynál – fokozott jelentőségű a **káprázás** jelenségének **kerülése** vagy legalábbis **korlátozása**. A káprázást – melynek fiziológiájáról már korábban tanultunk – a látótérben megjelenő nagy fénysűrűségű felületek okozzák. A közforgalmú területeken ilyenek lehetnek más járművek fényszórói, az út világítását szolgáló lámpatestek, vagy egyéb világító ill. megvilágított felületek (pl. reklámvilágítás, kirakatok stb.). A gyakorlatban ezek együttesen befolyásolják a káprázás mértékét, de a közforgalmú területek mesterséges világítása szempontjából csak a közforgalmú terület világítására szolgáló lámpatestek káprázató hatásával foglalkozunk. Ezek fényeloszlása és elrendezése együttesen határozza meg a káprázás mértékét. A szemlélő (járművezető) folyamatos helyváltoztatása és nézési irányának változása nem teszi lehetővé, a jelenség egzakt leírását, ezért az idő során megváltozott szabványok (valamint a hazai és más nemzeti szabványok) más-más előírást tartalmaznak a káprázás korlátozására.

Ha feltételezzük, hogy adott lámpatesteket hasonló geometriai elrendezés mellett alkalmazunk, akkor a káprázás mértékét jó közelítéssel a lámpatestek fényeloszlása határozza meg. Ezen feltételezésen alapul a **lámpatestek fényerősségi osztályba sorolása**. A besorolás a lámpatesteknek a függőlegestől mért 70°, 80° ill. 90°-os szögben mért fényerőssége és a fényforrás fényáramának aránya alapján történik. Ez a módszer nem veszi figyelembe a

¹ Az összefüggés alkalmazható lenne a vertikális és félhengeres megvilágításra is, de ezek egyenletességére a szabvány nem tartalmaz előírást.

lámpatestek elrendezését és világító felületük nagyságát, ezért a gyakorlatban megfelelő fényerősségi osztályú lámpatestek alkalmazásával is lehetett kápráztató világítást létesíteni.

Pontosabb közelítést – de még mindig csak közelítő eredményt – ad a **káprázási osztályok** alkalmazása. Ennél az értékelési módszernél a lámpatestek káprázási indexét határozzák meg a következő összefüggés alapján: $káprázási\ index = \frac{I}{\sqrt{A}}$ [cd/m], ahol:

I : a fényerősség maximális értéke [cd] bármilyen irányban a lefelé irányuló függőlegessel bezárt 85° -os szögénél,

A : a lámpatest világító felületének látható területe [m^2] az I irányára merőleges síkban.

A **káprázási index** a fénysűrűséggel „összefüggésben” álló jellemző, de továbbra sem veszi figyelembe a lámpatestek geometriai elrendezését.

A gyakorlathoz közelebb álló, a tényleges elrendezést is figyelembe vevő módszer a káprázás értékelésére a [%]-ban kifejezhető **küszöbérték-növekmény (TI)** (Threshold Increment) vizsgálata. Ennek számítása eléggé bonyolult és hosszadalmas, ezért értéke csak számítógépes tervező programokkal határozható meg. Mérésére – bár az elmélet és gyakorlat összehasonlítása szempontjából jelentős lenne – egyelőre még nincs kidolgozott technológia.

A küszöbérték-növekmény a járművezető szemlélési irányában, adott térszögbe eső (közvilágítási) lámpatestek által létrehozott ún. egyenértékű fátyolfénysűrűségnek (L_v) és a szemlélt útfelület átlagos fénysűrűségének (\bar{L}) a viszonya.

$$TI = \frac{650 \cdot MF^{0,8}}{\bar{L}^{0,8}} \cdot L_v \quad \text{és} \quad L_v = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{\Theta_i^2} = \frac{E_1}{\Theta_1^2} + \frac{E_2}{\Theta_2^2} + \dots + \frac{E_k}{\Theta_k^2} + \dots + \frac{E_n}{\Theta_n^2}$$

Ennek meghatározására a szabvány a következő összefüggéseket adja meg: ahol:

MF az avulási tényező (maintenance factor)

E_k a k -adik lámpatest által – új lámpatest és fényforrás figyelembevételével – a megfigyelő szemének síkjában létrehozott megvilágítás. A megfigyelő szeme a figyelembe vett forgalmi sáv közepén, 1,5 m magasan helyezkedik el, a szemlélési irány az út hossz tengelyével párhuzamos és hajlásszöge a vízszintes sík alatt 1° . A megvilágítást a szemlélési irányra merőleges síkban kell meghatározni.

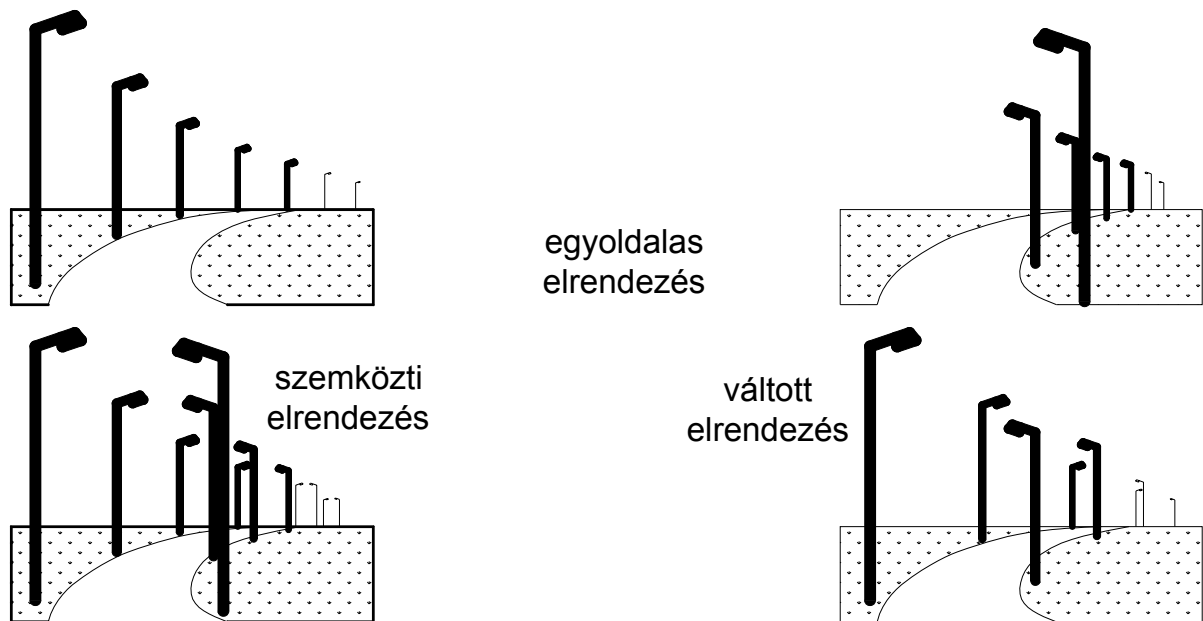
θ_k a szemlélési irány és a szemlélési pontot a k -adik lámpatest középpontjával összekötő egyenes közötti szög, radiánban. Azokat a lámpatesteket, amelyeknél $\theta > 20^\circ$ ($\pi/9$ rad), a számításnál nem kell figyelembe venni.

Az összegzést a szemlélési irányba eső első lámpatesttől kezdve a legfeljebb 500 m távolságban elhelyezkedő n -edik lámpatestig kell elvégezni. A számítást 50 szemlélési pontra kell elvégezni, és az irányadó TI érték a számítási eredmények közül a legnagyobb érték lesz.

A járművezető számára fontos vizuális információk nem csak az úttest felől, hanem a környezet irányából is érkeznek. Lényeges tehát, hogy az úttest mellett olyan látási feltételeket biztosítsunk, amely lehetővé teszi a járművezető részére, hogy felkészülhessen az úttesten kívülről érkező forgalmi akadályok, veszélyforrások kezelésére. Az utak egy részét járdák, parkolók, kerékpárutak vagy más közforgalmú területek szegélyezik. Amennyiben ezek megfelelő szintű világításáról gondoskodunk, akkor ezzel kielégítettük az úttest melletti „veszélyzónák” láthatóságának kívánalmát is. Amennyiben ilyen – önálló világítástechnikai követelményekkel rendelkező – forgalmi terület nem szegélyezi az úttestet, akkor az út világítását kell az említett elvárásnak megfelelően kialakítani. Ilyen esetekre a szabvány a környezeti arányra (SR – surraund ratio) vonatkozó előírást támaszt. Ez azt jelenti, hogy az úttest melletti 5 m-es sáv átlagos horizontális megvilágításának és az úttesten, a szegélytől

számított 5 m-es sávon belüli átlagos horizontális megvilágításának aránya nem lehet kisebb a szabványban megadott értéknél.

A járművezető tekintete a megvilágított útfelületet mintegy 60-160 m távolsáig pásztázza. A biztonságos vezetéshez azonban ennél nagyobb távolságból fel kell készülni a várható útkanyarulatokra, irányváltásokra, forgalmi helyzet változásokra. Ennek érdekében az út világítását szolgáló lámpatesteket és azok tartószerkezeteit úgy kell elhelyezni, hogy a járművezető – anélkül, hogy az út felületét látná – a fénypontok eloszlásából következtetni tudjon az út vonalvezetésére, szélességének és irányának változására, az esetlegesen várható csomópontok és veszélyes forgalmi helyek előfordulására. A helyes lámpatest elrendezéssel (ld. 5.1. ábra) megvalósul az **optikai vezetés**, míg nem kellően átgondolt elrendezés mellett (ld. 5.2. ábra) a látótérben megjelenő, szabálytalan elrendezésű fénypontok a járművezetőt elbizonytalanítják, rosszabb esetben hibás döntésre vezethetik.



5.1. ábra

Helyes optikai vezetés

5.2. ábra

Helytelen optikai vezetés

A jó optikai vezetés elsősorban a kanyaroknál fontos. Ezt a kanyar külső íven elhelyezett lámpatestekkel lehet megvalósítani. A csak belső íven történő lámpatest kiosztást kerülni kell.

A korábbi MSZ 20194-2 szabvány arról is rendelkezett, hogy íves útszakasznál, az ív középvonalának sugarától függően a lámpatestek egymás közötti távolságát (osztásközét) csökkenteni kell. (A csökkentés mértéke elérheti a 0,6-szeres értéket is.) Ennek jelentősége részben a jobb optikai vezetésben rejlik, de fontosabb szempont, hogy az egyenes útszakaszokra tervezett közvilágítási lámpatestek az ívelt útnak csak kisebb szakaszát tudják kellően hatékonyan megvilágítani. Ez pedig a lámpatestek távolságának csökkentésével korrigálható, bár tény, hogy ebben az esetben az ívelt útszakasz környezete is jobban megvilágítottá válik. Az MSZ EN 13201 szabvány erre vonatkozóan nem rendelkezik, de a jobb látási körülmények megteremtése érdekében a korábbi szabványt továbbra is célszerű figyelembe venni.

Amennyiben az úttest szélessége vagy egyéb szempont megköveteli, úgy a belső íven is el lehet – sőt kell – helyezni lámpatesteket, de ebben az esetben szemközti elrendezést kell alkalmazni. A váltott elrendezést (ld. 5.1.6. pont) kerülni kell.

5.1.3. Az útburkolatok reflexiós tulajdonságai

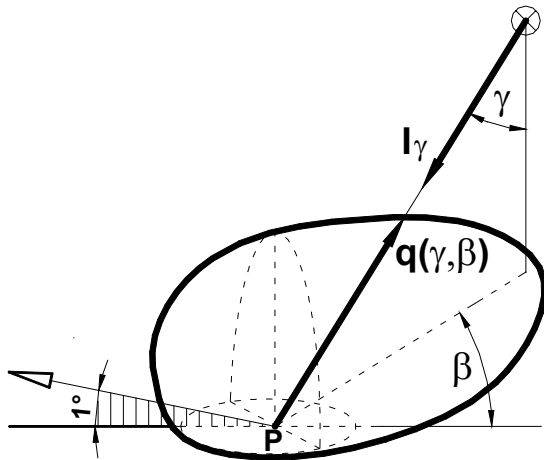
Az útfelület láthatóságát annak fénysűrűségeloszlása befolyásolja. Az útburkolaton kialakuló fénysűrűségviszonyok meghatározásához nem csak a megvilágítás mértékét kell ismernünk, hanem a felület reflexiós tulajdonságait is. Ez nagymértékben függ a burkolat anyagától, szemcsézettségétől, kivitelétől, színétől ill. száraz vagy nedves állapotától.

Korábbi tanulmányainkból tudjuk, hogy egy adott P pontban – az E_p megvilágítás mértékét ismerve – a fénysűrűség az alábbi összefüggés alapján számítható: $L_p = q \cdot E_p$. A fénysűrűség tehát egyenesen arányos a megvilágítás mértékével, és függ a burkolat reflexiós tulajdonságaitól, melyet a (q) *fénysűrűségi tényező* fejez ki.

Ha a burkolat reflexiós tulajdonsága az út különböző pontjain állandó lenne, és nem lenne irányfüggő sem (vagyis a teljesen szórt visszaverődés esete állna fenn), úgy a fénysűrűséget a fenti képlettel egyszerűen kiszámíthatnánk. Ebben az esetben ugyanis q -t állandónak és a szemlélési iránytól függetlennek tekinthetjük, azaz a burkolat úgy viselkedik, mint egy Lambert-sugárzó, melyről tudjuk, hogy:

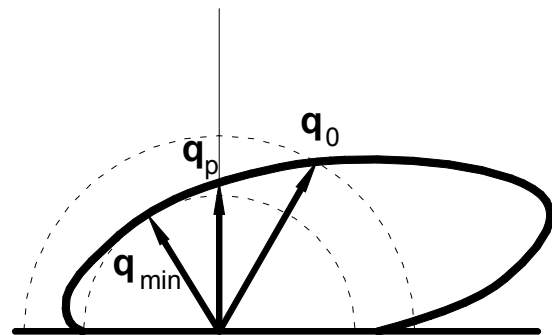
$$q = \frac{\rho_d}{\pi} \quad \text{ahol } \rho_d \text{ a szórt visszaverés reflexiós tényezője, } q \text{ pedig a fénysűrűségi tényező.}$$

A visszaverődés másik határesetete a tükrös visszaverődés, mely számunkra nagyon kedvezőtlen lenne, hiszen az útfelület helyett a burkolaton csak a lámpatestek tükörképét láthatnánk. Ez azonban nem áll fenn, és a gyakorlatban a reflexió a két határeset között valósul meg. A valóságos útfelület fénysűrűségi tényezője irányfüggő, melynek eloszlását egy adott P pontban a 5.3. ábra szemlélteti.



5.3. ábra

A fénysűrűségi tényező térbeli eloszlása



5.4. ábra

A fénysűrűségi tényező eloszlásának
hosszmetszete

Ez azt mutatja, hogy egy adott B szemlélési pontból figyelve az útfelület P pontját a $q(\gamma, \beta)$ fénysűrűségi tényező a fényforrás irányától függ. (Az ábrán a $q(\gamma, \beta)$ fénysűrűségi tényező vektorként való jelölése nem a szemlélési irányra, hanem a fény beesési irányára utal.) I_γ a beeső fényerősség-vektor. A $q(\gamma, \beta)$ fénysűrűségi tényező megadható táblázatos formában, melyből hosszadalmas számítással a fénysűrűség pontonként számítható. Az MSZ EN 13201 szabvány a fénysűrűségi tényező figyelembe vételére az úgynevezett *r-táblát* (reflexiós táblázat) javasolja. Ebben adott szemlélési pontra vonatkozóan, különböző beesési irányokra megadják a fénysűrűségi tényező értékét (illetve annak $\cos^3 \gamma$ -szorosát). Az útburkolat anyagától, felületének állapotától függően más-más *r-tábla* alkalmazható.

A fénysűrűségi tényező egyszerűbb számítása érdekében Westermann kidolgozott egy „q₀-eljárásnak” nevezett módszert, melyet a fénysűrűségi tényező térbeli eloszlásának hosszmeteszétét feltüntető 5.4. ábra alapján foglalunk össze.

Az ábrán jelölt három fénysűrűségi tényező (q_{min}, q_p és q₀) meghatározható az eloszlási test alakjából, mely már önmagában is jellemzi a burkolat reflexiós tulajdonságait. Lapos, sima „test” tükröző felületre utal, míg egy félgömb alakú test a diffúz módon reflektáló felületre jellemző. A test térfogata arányos a teljes visszavert fénnyárammal, és bármilyen test esetében meghatározható egy olyan q₀ sugarú félgömb, melynek térfogata megegyezik a tényleges eloszlási test térfogatával. Ennek a félgömbnek a sugara jellemző az eloszlási testre, és értékét „q₀ tényező”-nek nevezzük.

A q-testbe beilleszthető egy q_{min} sugarú félgömb is, mely a burkolat által teljesen diffúz módon reflektált fénnyárammal arányos, és egy vagy több helyen érinti a q-testet.

A függőlegesen beeső fény esetére érvényes fénysűrűségi tényező értéke q_p. Ez a tükrözötten visszavert fénnyáramra jellemző érték. q₀ és q_p között szoros összefüggés áll fenn, melyet az útburkolat tükrözési tulajdonságainak meghatározására lehet felhasználni.

$\kappa_p = \lg \frac{q_0}{q_{min}}$ κ_p -t tükrözési tényezőnek nevezzük. Értéke minél nagyobb, annál kisebb a szórt visszaverődés, vagyis annál nagyobb a tükrösen visszavert fénnyáram hányada. Teljesen szórt (Lambert) felület esetén q₀ = q_{min}, vagyis $\kappa_p = 0$, míg tükör esetében q_{min} = 0, vagyis $\kappa_p = \infty$

5.1 táblázat

Útburkolati osztály	q_0 $\frac{cd}{m^2 \cdot lx}$	κ_p	Burkolat típusa	Burkolat anyaga
-	0,318	0	Teljesen diffúz felület	Gyakorlatban nem létező, ideális, Lambert felület
R1	0,11	0,18	Majdnem szórt módon reflektáló felületek	- aszfaltburkolatok, legalább 15 % mesterséges fényvisszaverő adalékkal (Luxocita, Synopal stb.), vagy legalább 30 % világos adalékanyaggal - 80 % feletti fedettséget adó morzsalékos burkolat, nagyrészt mesterséges fényvisszaverő adalékkal - beton útburkolatok
R2	0,07 - 0,1	<0,25	Gyengén szórtan reflektáló felületek	- érdes felületű szokványos összetételű burkolatok - aszfaltburkolatok 10-15 % közötti mesterséges fényvisszaverő adalékkal - szemcsés és érdes aszfaltbeton burkolatok 60 %-ot meghaladó kavicsstartalommal (10 mm-es vagy annál nagyobb kavicsok)
R3	0,08	0,37	Gyengén tükröző felületek	- aszfaltbeton - öntött aszfalt burkolatok - szemcsés burkolatok érdes, de koptatott felülettel 10 mm-ig terjedő méretű kavicsadalékkal (a hazánkban napjainkban készülő érdesített aszfaltburkolatok koptatott felületei ide tartoznak)
R4	0,09	0,49	Tükröző felületek	- öntött aszfalt néhány hónapos használat után - útburkolatok lágy, vagy koptatott, kifényesedett felülettel
R5	-	0,55	Erősen tükröző felületek	- erősen koptatott és vizes útfelületek

A fénysűrűségi tényező – az előzőekben ismertetett irányfüggésen túl – nagymértékben függ a burkolat anyagától is. Ennek figyelembevételére az útburkolatokat anyaguktól függően osztályba soroljuk. Kísérletek alapján megállapították, hogy a gyakorlatban elegendő 5 fokozatú osztályba sorolás, melynek alapjául hazánkban de Boer és Vermeulen által kifejlesztett két jellemzős módszer szolgál. Az előzőekben ismertetett q₀ tényező valamint a

κ_p tükrözési tényező alapján az 5.1 táblázat szerinti útburkolati osztályokat különböztetjük meg.

5.1.4. Világítási helyzetek, világítási osztályok

A közforgalmú területeken jelentkező látási feladatok összefüggésben vannak a közlekedés jellegével, a közlekedésben résztvevők haladási sebességével, a forgalom nagyságával, a közlekedési szituációk, a forgalmi rend bonyolultságával és az időjárás-és útviszonyokkal. A szabványalkotók ezt úgy vették figyelembe, hogy a forgalom jellegétől és a környezeti viszonyoktól függően az utakat osztályokba sorolták, és a különböző útosztályokra eltérő világítási követelményeket írtak elő. A korábbi szabványok az utak világítástechnikai osztályozását – a jegyző által meghatározott – forgalmi besoroláshoz igazították. Ez a csoportosítás nem mindig vette figyelembe a tényleges forgalmi adottságokat, ezért hibás világítástechnikai méretezést eredményezhetett. Az MSZ EN 13201 szabvány nem az utakat, hanem az azokon lévő **világítási helyzeteket** csoportosítja. A csoportosítás alapja a *fő úthasználó* személye (motorizált forgalom, lassan mozgó járművek, kerékpárosok és gyalogosok), a *fő úthasználó jellemző sebessége* (>60 km/h ; 30-60 km/h ; 5-30 km/h ; „sétáló sebesség”), a *másodlagos úthasználók* személye és a *kitiltott úthasználók* személye. E négy szempont alapján a szabvány 12 világítási helyzetet különböztet meg (A1, A2, A3, B1, B2, C1, D1, D2, D3, D4, E1 és E2), amelyek közül a tervező objektíven – és nem kizárólagosan a jegyzői besorolásra utalva – választhat.

Azonos világítási helyzeten belül is előfordulhatnak eltérő forgalmi szituációk és időjárás viszonyok, ezért ennek figyelembe vételével tovább oszthatjuk a világítási helyzeteket. Így határozhatjuk meg az adott közforgalmú terület (út, járda, park stb.) világítási osztályát. A **világítási osztály** kiválasztása elég bonyolult, és sok tényezőt figyelembe vevő vizsgálat, amit most nem részletezünk, csak felsoroljuk azokat a szempontokat, amelyekre a kiválasztásnál figyelmet kell fordítani: úttestek elválasztása van-e; csomópont típusai (szintben elválasztott-e); felüljárók távolsága; hidak távolsága; keresztezések sűrűsége; konfliktusterület; van-e geometriai fogalomcsillapítás; járműforgalom sűrűsége; kerékpárosok és gyalogosok forgalomsűrűsége; navigációs feladat bonyolultsága; parkoló járművek léte; arcfelismerés igénye; kriminalitás kockázata; a látómező bonyolultsága; környezet fénysűrűsége (falusias, városias, városközponti); fő időjárástípus (száraz, nedves).² A felsorolt tényezők alapján az MSZ EN 13201 szabvány a következő világítási osztályokat határozza meg:

- **„ME” világítási osztályok** (ME 1, 2, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b, 5, 6)
Az ME osztályokat a motorizált forgalmú utak világításához vezették be. Ez a világítási osztály alkalmazható azoknál a lakóövezeteknél is, ahol megengedett a közepesnél nagyobb sebesség. Az ME osztályok helyett – indokolt esetben – a szabvány által meghatározott más világítási osztály is alkalmazható.
- **„MEW” világítási osztályok** (MEW 1-5)
Az MEW osztályok az ME osztályok megfelelői olyan területeken, ahol jellemző a nedves időjárás (pl. skandináv országok). Magyarországon az MEW osztályokat nem kell alkalmazni.
- **„CE” világítási osztályok** (CE 0-5)
A CE osztályokat szintén a motorizált forgalmú utak világításához vezették be, de olyan konfliktus területeken, mint pl. bevásárló utcák, bonyolult útkereszteződések, körforgalmak és felhajtók. Ezek az osztályok azonban a gyalogosok és kerékpárosok

² A világítási helyzet és világítási osztály konkrét kiválasztásához célszerű a szabvány részletes tanulmányozása, vagy segédlet alkalmazása.

számára is alkalmazhatók. Ugyancsak a CE osztályokat kell alkalmazni gyalogos aluljárókban is.³

A CE osztályokat főként azokra az esetekre szánták, amikor az útfelület fénysűrűségének számítása nem, vagy nehezen valósítható meg. Ez olyankor fordulhat elő, ha a szemlélési távolság kicsi (60 m-nél kisebb), vagy amikor több megfigyelési helyzet is létezik.

➤ **„S” világítási osztályok (S 1-7)**

Az S osztályokat elsődlegesen a gyalogos-és kerékpárforgalom világításához vezették be gyalogos-és kerékpárutakon, biztonsági sávokon és más olyan utakon, amelyek elkülönülve vagy együtt futnak a forgalmas utak, lakóövezeti utak, sétáló utcák, parkolók, iskolaövezetek úttestével.

➤ **„A” világítási osztályok (A 1-6)**

Az A osztályokat az S osztályok helyett választható alternatív osztályként vezették be azokra az esetekre, amikor az úttest egyenetlenségének felismerhetősége fokozott követelményként jelentkezik. Az S és A osztályok közötti egyértelmű megfeleltetést a szabvány táblázatos formában adja meg.

A felsorolt világítási osztályokon túl a szabvány további két kiegészítő osztályt is definiál, amelyek valamelyik elsődleges osztály mellett alkalmazhatók. Az elsődleges osztályok mellett alkalmazható kiegészítő osztályokat a szabvány táblázatban rögzíti. A kiegészítő osztályokat akkor célszerű alkalmazni, ha a félhengeres vagy vertikális megvilágítás igénye fokozottan jelentkezik. Ennek megfelelően alkalmazhatók:

➤ **„ES” világítási osztályok (ES 1-9)**

Az ES osztályokat kiegészítő osztályként vezették be olyan helyeken, ahol fokozottan jelentkezik a személyek vagy tárgyak felismerhetőségének igénye. Ilyen területek pl. azok az utak, ahol a bűnözés kockázata nagyobb a normálisnál.

➤ **„EV” világítási osztályok (EV 1-6)**

Az EV osztályokat kiegészítő osztályként vezették be olyan helyeken, ahol függőleges felületek láthatósága fokozott igényként jelentkezik, mint pl. vámterületeken vagy közlekedési csomópontokban, illetve gyalogátkelő helyeknél.

A világítási osztályokra előírt követelményeket elsődlegesen a szóban forgó úthasználó igényeihez igazították. Így az ME és MEW osztályok követelményei az útfelület fénysűrűségén alapulnak, míg a CE, S és A osztályok követelményei az út megvilágításán alapulnak. Az S és A osztályok eltérő szemszögből viszonyulnak az útfelület megvilágításához. Míg az S osztályok a horizontális megvilágításra tartalmazznak előírásokat, addig az A osztályok a félszférikus megvilágítás követelményeit foglalják össze. Az ES osztályok a félhengeres megvilágítás, az EV osztályok pedig a vertikális megvilágítás előírásait tartalmazzák. Nem célunk ennek az összetett követelményrendszernek a részletes ismertetése, ezért most egy táblázat segítségével csak összefoglaljuk, hogy melyik világítási osztálynál milyen világítástechnikai paramétereket kell figyelembe venni, és azok milyen tartományba kell, hogy essenek:

5.1 táblázat

Világítási osztály	\bar{L} [cd/m ²]	U_0	U_L	TI [%]	SR	\bar{E} [lx]	$E_{h,min}$ [lx]	E_{hs} [lx]	$E_{sc,min}$ [lx]	$E_{v,min}$ [lx]
ME	0,3-2	0,35-0,4	0,4-0,7	15-10	0,5	-	-	-	-	-

³ A gyalogos aluljárókra a korábbi szabvány részletesebb és szigorúbb követelményeket írt elő. Közlekedési és közbiztonsági szempontból érdemes megfontolni, hogy konkrét esetben nem célszerűbb-e ezen előírások betartása.

MEW	0,5-2	0,35-0,4	0-0,6	15	0,5	-	-	-	-	-
CE	-	0,4	-	-	-	7,5-50	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	0-15	0-5	-	-	-
A	-	0-0,15	-	-	-	-	-	0-5	-	-
ES	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5-10	-
EV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5-50

A világítási osztályoknál a nagyobb számú besorolástól a kisebb felé haladva egyre szigorúbb követelmények jelentkeznek. (Pl. Az ME1 osztály követelményei sokkal szigorúbbak az ME6 osztályra előírt követelményeknél.)

A táblázatban szereplő fénysűrűség ill. megvilágítás értékekkel a berendezéseknek nemcsak újszerű állapotukban, hanem teljes üzemelési idejük alatt rendelkezniük kell. Figyelembe kell tehát venni az útfelület avulását, a fényforrások fényáramának időbeli csökkenését és túlélési tényezőjét, valamint a lámpatestek szennyeződése miatti fényáramcsökkenést is. A világítás megtervezése során ezért a fénysűrűség ill. megvilágítás fenntartási értékét a kezdeti érték és az **avulási tényező** (MF) hányadosaként kell meghatározni. Ennek értéke a következő összefüggés szerint számítható: $MF = UA \cdot FFA \cdot FFT \cdot LTA$, ahol

UA – az útfelület avulási tényezője (ügynevezett „beállt” utaknál értéke 1-nek vehető)

FFA – a fényforrás avulási tényezője (nagynyomású nátriumlámpáknál értéke 0,65-0,98 között változhat)

FFT – a fényforrás túlélési tényezője (csak csoportos csere esetén kell vele számolni, és értéke függ a cserék közötti üzemidőtől)

LTA – a lámpatest avulási tényezője, amely függ a környezet szennyezettségi fokától és a lámpatestek optikai terének IP védettségétől:

Optikai tér IP védettsége	IP 2X, 3X, 4X			IP 5X			IP 6X		
	nagy	közepes	kicsi	nagy	közepes	kicsi	nagy	közepes	kicsi
LTA	0,53	0,62	0,82	0,77	0,82	0,91	0,91	0,92	0,93

Nagy szennyezettségűnek tekinthetők azok a területek, ahol a közelben jellemzően por- vagy füstképződéssel járó tevékenység van (pl. cementgyárak, kohók, hőerőművek közvetlen környezete), közepes a szennyezettsége az ipari és közlekedési területeknek, és kis szennyezettséggel kell számolni a lakó-, üdülő-, mezőgazdasági rendeltetésű területeken.

5.1.5. Különleges világítási esetek

A közforgalmú területek döntő többségéhez meghatározható a rá vonatkozó világítási helyzet ill. az ahhoz kapcsolódó világítási osztály, ami alapján a mesterséges világítást méretezni kell. A gyakorlatban azonban találkozunk olyan területekkel is, melyek nem sorolhatók be a már megismert világítási osztályok egyikébe sem, illetve valamilyen forgalmi sajátosság miatt különleges figyelmet igényelnek. Az ilyen **különleges világítási esetek** létesítésére a jelenlegi szabvány nem tartalmaz konkrét előírásokat,⁴ de jelentőségük miatt ezeket is meg kell említenünk.

Forgalmi szempontból veszélyes területek a gyalogos-átkelőhelyek, melyeknél sok esetben *kiegészítő világítást* kell létesíteni. A kiegészítő világítás rendeltetése, hogy megfelelő mértékű pozitív kontrasztot biztosítson az áthaladó gyalogos és a háttérrel képező útfelület között. (Ha a kiegészítő világítás ezt a feladatot nem oldja meg, akkor akár még veszélyesebb

⁴ A korábbi MSZ 20194 szabvány 3. lapja kifejezetten a különleges világítási esetekkel foglalkozott. A szabvány ajánlásait továbbra is célszerű figyelembe venni.

szituációt teremthet, mintha nem létesítenénk kiegészítő világítást.) Ezt a célt speciálisan a gyalogos-átkelőhelyek világítására kifejlesztett aszimmetrikus fényeloszlású lámpatestekkel lehet elérni. A lámpatesteket a gyalogos-átkelőhely előtt úgy kell elhelyezni, hogy azok az átkelő tengelyében lévő függőleges síkon 1 m magasságban legalább 3-szor (de legfeljebb 5-ször) akkora vertikális megvilágítást hozzanak létre, mint a háttér képező útfelület horizontális megvilágítása. Kétirányú forgalom esetén – ha létesül kiegészítő világítás, akkor – azt mindkét forgalmi irányban ki kell építeni. Többirányú gyalogos és gépjármű forgalmat lebonyolító csomópontoknál a minden igényt kielégítő kiegészítő világítás létesítésére gyakorlatilag nincs lehetőség, ezért ilyen helyeken az általános világítást kell olyan szintűre tervezni, hogy a gyalogosok forgalma e mellett is áttekinthető legyen. Ilyenkor a gyalogosok negatív kontraszttal jelennek meg a világos háttérben, de kellő szintű megvilágítás esetén ez nem korlátozza a felismerhetőségüket.

Fedett közforgalmú területeken (közúti aluljárókban, gyalogos-aluljárókban, zártszelvényű gyalogos-felüljárókon és árkádokban) a természetes világítás szintje eltérhet a környező szabadterület világítási szintjétől. Ilyen területre érkezve tehát gondoskodni kell a megfelelő megvilágításról úgy, hogy az adaptációt a szabadterület és a fedett rész világítása közötti átmenettel biztosítsuk.

Hosszú közúti aluljárók⁵ be- és kijáratánál nappal 500 lx, közepén 200 lx horizontális megvilágítást ajánlott elérni. Éjjel a világítás szintjét a környező út világítási osztályánál eggyel nagyobb osztálynak megfelelően célszerű kialakítani. Gyalogos-aluljárókban⁶ és a bevilágítatlan zártszelvényű gyalogos-felüljárókon⁷ nappal és éjjel egyaránt 20÷200 lx közötti megvilágítási szintet ajánlott biztosítani.

Különös körültekintéssel kell eljárunk a vasúti pályát keresztező vagy megközelítő utak világítási megoldásainál. Ilyen területek világításának alapkövetelménye, hogy a közút világítási berendezései ne zavarják a vasúti közlekedést. A zavarás származhat a káprázásból, illetve a vasúti járművezetőket megtéveszthetik a bizonyos vasúti fényjelzések színéhez hasonló nagynyomású nátriumlámpák. Ezek elkerülésére a korábbi szabvány a lámpatestek elhelyezésére vonatkozóan ad előírásokat.⁸

A gyakorlatban sokszor szembesülünk olyan esettel, amikor egymástól eltérő megvilágítású, vagy sötét és megvilágított útszakaszok találkoznak. Ez leggyakrabban az eltérő világítási osztályba tartozó utak csatlakozásánál fordul elő, de egy osztályon belül is van arra példa, hogy egy adott út egyik szakaszán – például felújítás vagy korszerűsítés miatt – más világítástechnikai paraméterek alakulnak ki, mint egy másik szakaszon. Ilyen esetben – az 5.1.1. pontban említett látási feladatok alapján – fontos követelmény a megfelelő **adaptáció** biztosítása. A jelenlegi szabvány ugyan konkrétan nem rendelkezik ennek megvalósítási módjáról, de célszerű figyelembe venni a korábbi MSZ 20194-2 szabvány vonatkozó előírásait. Ennek megfelelően olyan utak találkozásánál, melyek fénysűrűségének ill. megvilágításának különbsége egy osztálynál nagyobb, *világítási átmeneti szakaszt* célszerű létesíteni. Az átmeneti szakasz létesítésének követelménye nem a csatlakozó utak világítási osztályba sorolásától, hanem a rajtuk kialakuló tényleges fényviszonyoktól függ.

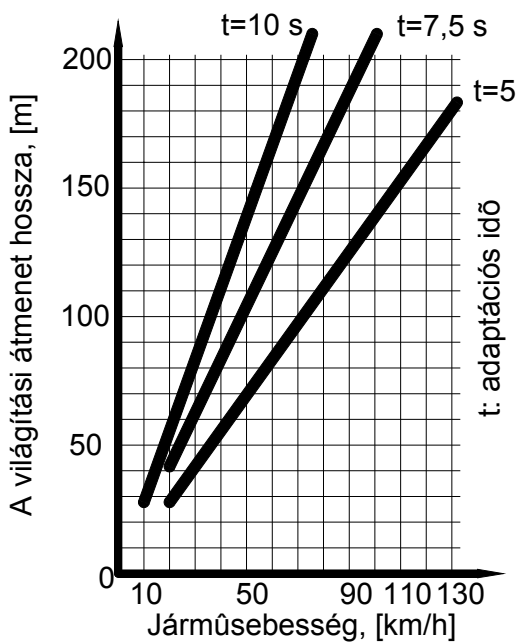
A világítási átmeneti szakaszon a csatlakozó utak fénysűrűségének ill. megvilágításának számtani középértékét kell megvalósítani. Mindemellett ügyelni kell arra, hogy az átmeneti szakasz vége egyenes útszakaszra, de ne útkereszteződésbe, torkolatba, vasúti átjáróba, útszűkületbe, hídra, hídfőre, alagútba vagy aluljáróba (ill. ezek ki- és bejáratától mért 80 m-en belül) essen.

⁵ Részletesen ld. MSZ 20194-3 szabvány 2.1. pontja

⁶ Részletesen ld. MSZ 20194-3 szabvány 2.2. pontja

⁷ Részletesen ld. MSZ 20194-3 szabvány 2.3. pontja

⁸ Részletesen ld. MSZ 20194-3 szabvány 3. pontja



A világítási átmeneti szakasz hosszát az úton megengedett legnagyobb haladási sebesség alapján, legalább 5 másodperces adaptációs idő figyelembevételével kell meghatározni (ld. 5.5. ábra).

5.5. ábra
A világítási átmeneti szakasz hosszának meghatározása

5.1.6. Közforgalmú területek mesterséges világításának létesítése

A világítási rendszer tervezésénél először az alkalmazható **fényforrást** választjuk ki. Ennél elsődleges szempont a gazdaságosság kérdése. A szabvány szerint a közforgalmú területek mesterséges világításánál csak 50 lm/W-nál nagyobb fényhasznosítású fényforrások alkalmazhatók.

Fényhasznosítás szempontjából jelenleg a *kisnyomású nátriumlámpa* a legkedvezőbb, de rendkívül rossz színvisszaadása miatt csak a kizárólag gépjárműforgalmú területeken (autópályákon, autótutakon) alkalmazzák. Ahol gyalogosok is közlekednek, ott a színelismerés és az ehhez kapcsolódó pszichikai hatások miatt használatukat kerülni kell.

Jelenleg legjobban a *nagynyomású nátriumlámpák* alkalmazása terjedt el. Ezek mind fényhasznosítás, mind színvisszaadás szempontjából elfogadhatóak.

A *higanylámpák* színvisszaadása jobb, mint a nagynyomású nátriumlámpáké, de fényhasznosításuk közel fele. A szabvány értelmében a meglévő higanylámpák továbbra is alkalmazhatók, de új létesítéseknél már ezek alkalmazását kerülni kell. Az energiaköltségek csökkentése érdekében az önkormányzatok és más intézmények fokozatosan cserélik a meglévő higanylámpás lámpatesteket nagynyomású nátriumlámpásakra.

A *fémhalogénlámpák* fényhasznosítása szintén nem éri el a nagynyomású nátriumlámpa fényhasznosítását, ezért a közforgalmú területek mesterséges világításánál nem terjedtek el. Olyan területeken azonban, ahol a színelismerés kiemelten fontos, jó színvisszaadásuk miatt szórványosan alkalmazzák.

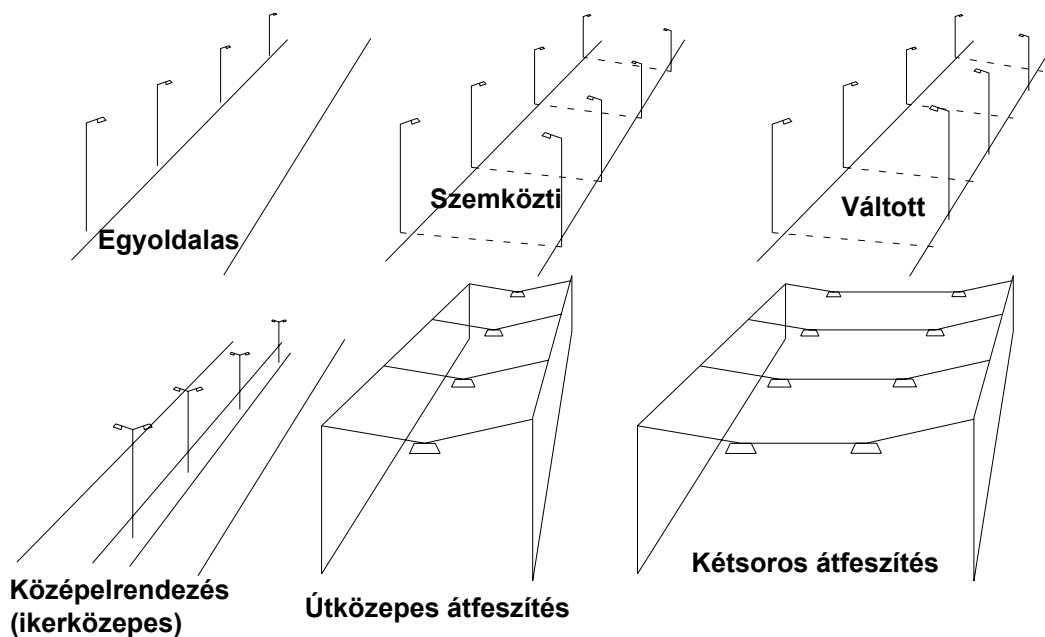
A *fénycsövek* fényhasznosítása is kisebb mint a nagynyomású nátriumlámpáké. Viszonylag kis fényáramuk miatt nagyobb megvilágítási szint csak a lámpatestek számának növelésével érhető el, ami a beruházási költségeket növeli. Méretük miatt a rázkódásmentes lámpatest kialakítás is nehézségekbe ütközik. Mindezek együttesen vezettek ahhoz, hogy ezek a múlt század 50-es éveiben elterjedt fényforrások mára már háttérbe kerültek az útvilágításban. Jó színvisszaadásuk, jó fényhasznosításuk és viszonylag kis egységjeljesítményük miatt azonban a gyalogos aluljárók és más fedett, kis belmagasságú, közforgalmú terek világítását ma is elsődlegesen ezekkel oldják meg.

A *kompakt fénycsövek* kiváló színvisszaadása ($R_a > 90$) a közforgalmú területeken nem kamatoztatható. Mivel fényhasznosításuk elmarad a két végén fejelt fénycsövekéétől, ezért az aluljárók világításánál sem gazdaságosabbak a standard fénycsöveknél. Kisebb méretük azonban lehetővé tette, hogy az utak világítására alkalmas lámpatestekben kapjanak helyet, ezáltal a kis megvilágítási szintet igénylő útosztályokban alkalmazásuk egyre inkább teret hódít. A kompakt fénycsövet elsődlegesen a rendkívül gazdaságtalan izzólámpák kiváltására alkották meg. Az *izzólámpák* – bár elvértve még fellelhetők a kevésbé fejlett területeken – teljesen kiszorultak a „közvilágításból”.

Az elmúlt évek nemzetközi kutatási eredményei rávilágítottak arra, hogy a mezopos látás tartományában (ahová a közforgalmú területek mesterséges világítása is tartozik) a fényforrások színvisszaadása és színhőmérséklete jelentősen befolyásolja az észlelés sebességét. Emiatt jobb színvisszaadású és nagyobb színhőmérsékletű fényforrások alkalmazása esetén kisebb megvilágítási szint is megengedhető. Várható, hogy mindezek alapján a közvilágítással foglalkozó szakemberek is átértékelik a felhasználható fényforrások körét, és előtérbe kerülhetnek a fémhalogén fényforrások és a fénycsövek. Ezt a folyamatot mutatja a már elterjedt jelmondat, hogy: „Fehér fényt” a közvilágításba!

A tervezés során a világítástechnikai előírásokon túl figyelembe kell venni a helyszíni adottságokat (terep-és műtárgyak, közművek elhelyezkedése, esetleges árnyékoló tényezők stb.), a hálózatépítésre vonatkozó szabványokat és jogszabályokat valamint a kivitelezhetőségi és üzemeltetési szempontokat. A világítási rendszer kialakításakor törekedni kell az egységes típusok alkalmazására és a szabályos lámpatest elrendezés kialakítására, de a gyakorlatban a legtöbb esetben a helyszíni adottságok miatt ettől el kell térni. Már a tervezés időszakában fel kell tárnunk ezeket az objektív akadályozó tényezőket, és olyan világítási rendszert kell kialakítani, amely betartja a szabvány által előírt világítástechnikai követelményeket, ugyanakkor megjelenésében harmonikus, üzemeltetési és kivitelezési szempontból pedig könnyen és rendszerszinten kezelhető. (Az alkalmazott berendezések típusának körét a minimálisra kell szorítani, és eltérő típusok felhasználása esetén törekedni kell az egységes típuscsalád megtartására. A gyártók kínálata ma már ezt szinte kivétel nélkül lehetővé teszi.)

A tervezés során alapadatként kezeljük a helyszíni adottságokat (geometriai paraméterek), valamint az előírt világítástechnikai követelményeket. Ezek alapján kell a lámpatestek és fényforrások típusát, valamint a geometriai elrendezést meghatározni. Ez utóbbi lehet szabályos, vagy egyedi.

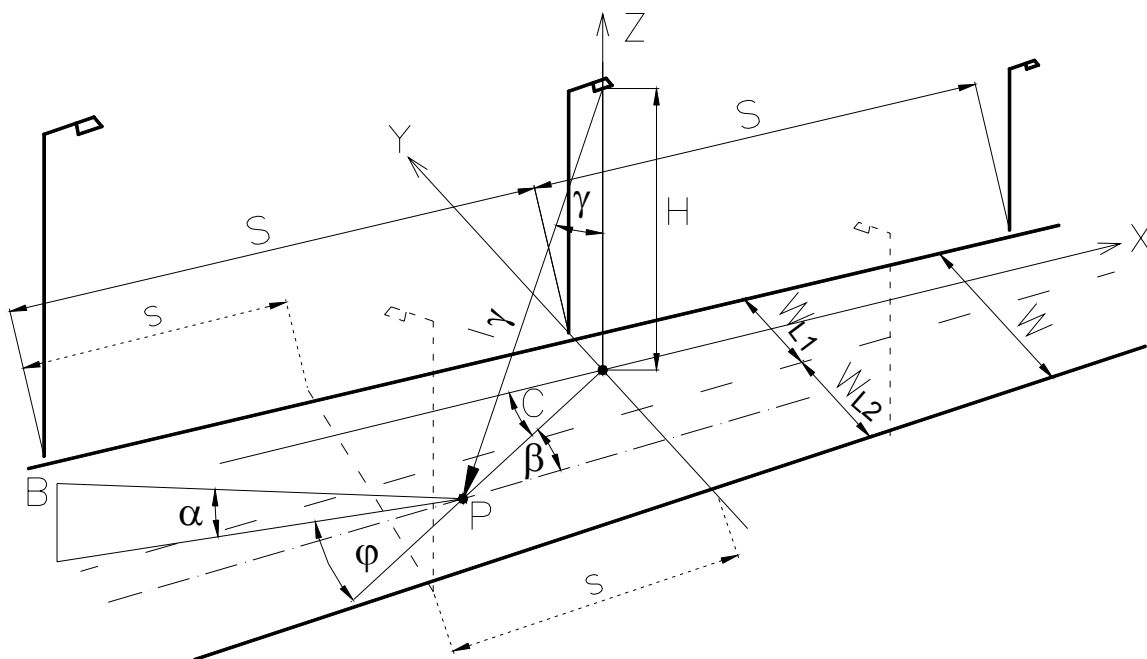


5.6. ábra
Lámpatestek geometriai elrendezési módjai

A szabályos elrendezésnek – a szabvány és a gyakorlat alapján – hat változatát különböztetjük meg, amelyeket az 5.6. ábrán tüntettük fel. Előnyük ezeknek, hogy esetükben a világítástechnikai számítások viszonylag egyszerűen végezhetők el, és az úton kialakuló világítástechnikai paraméterek az egész útszakaszon egységesnek tekinthetők. A méretezés ma már kivétel nélkül számítógépes programokkal történik, melyek eltérő formában, de azonos elven – a korábban megismert pontmódszer alapján – határozzák meg az elérhető világítástechnikai jellemzőket. Bemenő adatként az alkalmazott lámpatestek és fényforrások típusát, a fényforrás fényáramát, az avulási tényezőt (ezek a legtöbb esetben felajánlott listából választhatók), a számítási pontok elhelyezkedését és a lámpatestek geometriai elrendezését kell megadnunk. A számítási pontokat a későbbi ellenőrzéshez igazodva célszerű úgy kijelölni, hogy azok megfeleljenek az 5.1.7. pontban ismertetésre kerülő világítási jellemzők ellenőrzésére vonatkozó előírásoknak. (Bizonyos programok ezt már eleve figyelembe is veszik.) Az elrendezés értelmezéséhez nyújt segítséget az 5.7. ábra.

Az adatok alapján a programok általában meghatározzák a horizontális (bizonyos esetekben a vertikális) megvilágítás és a fénysűrűség értékeit a vizsgált pontokban, a különböző egyenletességi mutatókat, valamint néhány program esetében a küszöbértéknövekményt. Ezek megjelenítése mind numerikus, mind grafikus formában történhet. A fejlettebb programok a kapott eredményeket összehasonlítják a szabvány előírásaival is, és elérhető olyan program is, amelyben rögzített bemeneti paraméterek helyett azok intervallumát megadva a program maga választja ki a szabvány szerint elfogadható megoldásokat. (A tervezőnek azonban mindig tudnia kell, hogy a számítógép csak eszköz lehet a gyors munkavégzésben, de nem helyettesítheti a körülmények figyelembevételére kiterjedő emberi gondolkodást.)⁹

⁹ Az MSZ EN 13201 szabvány életbelépésével az útvilágítási méretező programokat is fokozatosan átalakítják az aktuális méretezési elvárásoknak megfelelően.



5.7. ábra
Adott pont megvilágításának és fénysűrűségének számításához
szükséges geometriai adatok

Egyedi lámpatest elrendezés esetén lámpatestenként külön-külön kell megadnunk azok típusát, elhelyezését és beállítását (bár egyes programok a könnyebb kezelhetőség érdekében tartalmaznak a lámpatestek többszörözésére, eltolására, tükrözésére vonatkozó lehetőségeket). Nem szabályos elrendezés esetén a vizsgálati terület ill. a számítási pontok meghatározása sem egyértelmű, mert azokra nem alkalmazható az 5.9. ábra szerinti értelmezés. Ilyenkor a tervezőnek a látási feladatok mérlegelésével – sokszor több részterület kijelölésével – kell a méretezést ill. az ellenőrzést elvégezni.

Az íves útszakaszok (kanyarok) világításának tervezése – amelyről már az 5.1.2. pontban, az optikai vezetés kérdésénél említést tettünk – részben a szabályos, részben pedig az egyedi elrendezés gyakorlata alá tartozik. Szabályosnak tekinthető az elrendezés azért, mert a lámpatestek kiosztása egyenletes (ha erre van lehetőség), de az erre vonatkozó számítási eljárást itt most nem használhatjuk, mert az csak egyenes mentén történő lámpatest elrendezésre érvényes. Irányelvként alkalmazhatjuk az MSZ 20194-2 szabvány 9.5. pontjában előírtakat, mely a fénypontmagasság és az útszélesség arányától függően egyoldalas vagy szemközti elrendezést ír elő, valamint rendelkezik arról, hogy az ív sugarától függően a lámpatestek osztástávolságát milyen mértékben kell csökkenteni. A tényleges méretezés azonban csak a lámpatestek helyének és beállításának egyedi megadásával végezhető el. Ugyancsak gondot jelent a számításoknál az íves vizsgálati terület, melyet – a jelenleg gyakorlatban lévő programok esetében – csak több, kisebb, szabályos területre osztással tudunk közelíteni.

Annak ellenére, hogy a gyakorlati világítástechnikus a világítási jellemzőket ma már számítógép segítségével határozza meg, nem feledkezhetünk meg ezen programok mögött rejlő elméleti háttérről sem. A programok fejlesztése, tesztelése ugyancsak igényli azokat az elméleti ismereteket, amelyeket röviden a következőkben foglalunk össze.

A megvilágítási értékek számítása a 2.2.3. fejezetben megismert pontmódszer alapján történik, melynek – egyetlen lámpatestre vonatkozó – alapösszefüggései az 5.7. ábra jelöléseivel igazodva:

$$E_h = \frac{I_\gamma}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma \quad \text{és} \quad E_v = \frac{I_\gamma}{H^2} \cdot \cos^2 \gamma \cdot \sin \gamma$$

Egy adott P pontban létrejövő megvilágítás értéke a figyelembe vett lámpatestek által, az adott pontban létrehozott megvilágítás szuperpozíciójaként jön létre:

$$E_P = \sum_{i=1}^k E_i \quad \text{ahol } E_i \text{ az „}i\text{”-edik lámpatest által a P pontban létrehozott horizontális megvilágítás értéke.}$$

Az 5.1.3. pontban leírtak és a megvilágításra ismert összefüggés alapján egy adott P pontot meghatározott B pontból szemlélve egyetlen lámpatest által létrehozott fénysűrűség értéke:

$$L_P = q(\alpha, \beta, \gamma, \varphi) \cdot \frac{I_\gamma}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma \quad \text{ahol a „}q\text{” fénysűrűségi együttható az 5.7. ábra jelölése szerint függ a fény beesési irányát ill. a szemlélési irányt jellemző } \alpha, \beta, \gamma \text{ és } \varphi \text{ szögektől.}$$

Ha az 5.8. ábra szerint figyelembe vesszük, hogy a szemlélési pont 1,5 magasságban van, és a járművezető mintegy 60÷160 m távolságban lévő útfelületre tekint előre, akkor megállapíthatjuk, hogy a gyakorlatban $\alpha=1^\circ$ és φ a $-20^\circ < \varphi < +20^\circ$ tartományba esik. Mérésekkel megállapították, hogy ebben a tartományban a fénysűrűségi együttható állandónak tekinthető, tehát a szemlélési irány a fénysűrűség meghatározása során figyelmen kívül hagyható. $q(\gamma, \beta)$ függvény ismeretében a fénysűrűség számítható. A burkolatok fénysűrűségi együtthatóját azonban ilyen formában a szakirodalom nem használja, hanem helyette – az 5.1.3. pontban ismertetett „ q_0 ”-eljáráshoz illeszkedve – bevezetett egy r'_{rel}

tényezőt, melynek értéke: $r'_{rel} = \frac{q}{q_0} \cdot \cos^3 \gamma$, melyet a fenti összefüggésbe behelyettesítve a

$$\text{fénysűrűség az alábbi összefüggés szerint alakul: } L_P = \frac{q_0}{H^2} \cdot I_\gamma \cdot r'_{rel}$$

q_0 értéke vagy a valóságos útburkolathoz tartozó mért érték, vagy amennyiben ez nem ismert, úgy közelítő számításhoz használható az útburkolati osztályra megadott q_0 érték.

A fényforrástól való irányfüggés az r'_{rel} tényezőben szerepel, melyet a szakirodalom táblázatos formában közöl β és $tg \gamma$ függvényében. A P pont B pontból észlelt fénysűrűsége most már az összes figyelembe vett fényforrás esetében a megvilágításhoz hasonlóan

szuperponálással számítható, azaz: $L_P = \sum_{i=1}^k L_i$, ahol L_i az „ i ”-edik lámpatest által létrehozott

fénysűrűség a P pontot a rögzített B szemlélési pontból nézve.

A közforgalmú területek világításának tervezése rendszerint egy több lépcsős iterációs munka. Először egy kiválasztott lámpatest típus és fényforrás figyelembevételével egy elképzelt lámpatest elrendezésre számítással ellenőrizzük az átlagos fénysűrűség és/vagy megvilágítás értékét, valamint az egyenletességi és káprázási mutatókat. Amennyiben az eredmények nem kielégítőek, úgy más lámpatesttel, tükörállással, fényforrással, beállítással vagy elrendezéssel megismételjük a számítást, míg a megfelelő értékeket megkapjuk. A lámpatestek típusa, tükörállása, a választott fényforrás nagymértékben befolyásolhatja a kapott eredményeket, és leginkább a gyakorlat segíthet abban, hogy a végső, jó világítási megoldásra minél gyorsabban rátaláljunk. Adott típusválasztás mellett azonban a világítástechnikai paraméterek csak a geometriai elrendezéstől függenek, így az előzőekben megismert szabályok segíthetik a munkánkat:

- A fénypontmagasság növelésével a megvilágítás ill. fénysűrűség átlaga csökken, miközben az egyenletességi értékek nőnek. A küszöbérték-növekmény csökken. (Értelemszerűen mindennek a fordítottja is igaz.)
- Az osztástávolság növelésével az átlag és egyenletességi értékek csökkennek, a küszöbérték-növekmény nő. (Értelemszerűen mindennek a fordítottja is igaz.)
- Az osztástávolság (S) és a fénypontmagasság (H) aránya: $1,5 < S/H < 5$

A helyes világítási mód (lámpatest típusa, beállítása, fényforrás típusa és teljesítménye, geometriai elrendezés) kiválasztásakor figyelembe kell vennünk a tartószerkezetek típusát és az ellátó erősáramú hálózat kialakítását is. Ez utóbbival viszonylag rugalmasan tudunk alkalmazkodni a gyakorlatban előforduló megoldásokhoz, de a tartószerkezetek csak meghatározott méret-lépcsőkben állnak rendelkezésünkre, amihez a világítástechnikai méretezés során alkalmazkodnunk kell. A tartószerkezetek típusairól és alkalmazhatósági területeiről, valamint az ellátó hálózatok méretezéséről a 6. fejezetben szólnak.

5.1.7. A világítási jellemzők ellenőrzése

Új világítási berendezés létesítésekor, illetve meglévő berendezés felújításakor, rekonstrukciójakor a világítási jellemzőket méréssel ellenőrzik. Ugyancsak végeznek időszakos ellenőrző méréseket az üzemeltetés során is a karbantartás szükségszerűségének elbírálásához, és mérések alapján hasonlítható össze két világítási berendezés is (pl. a gazdaságosságuk szempontjából). A világítási jellemzők mérésével az MSZ EN 13201-4 szabvány foglalkozik részletesen.

A korábban tárgyalt világítási jellemzők közül csak a megvilágításnak és az útfelület fénysűrűségének meghatározása történik méréssel. Az egyenletességi értékek számított mennyiségek, míg a küszöbérték-növekmény mérésére jelenleg nincs kidolgozott módszer.

A méréseket csak hitelesített és megfelelő hibaosztályú (2,5 % és ± 1 digit) műszerrel szabad végezni. Fontos továbbá, hogy a mérőfej spektrális érzékenysége feleljen meg a fotopos látásra vonatkozó $V(\lambda)$ láthatósági függvénynek, valamint a megvilágításmérők a ferdén beeső fényt a beesési szög koszinuszával arányosan érzékeljék, a fénysűrűségmérők pedig csak a vizsgálati területről – vertikális irányban 2° , horizontális irányban pedig 20° látószögön belül – érkező fényt vegyék figyelembe.

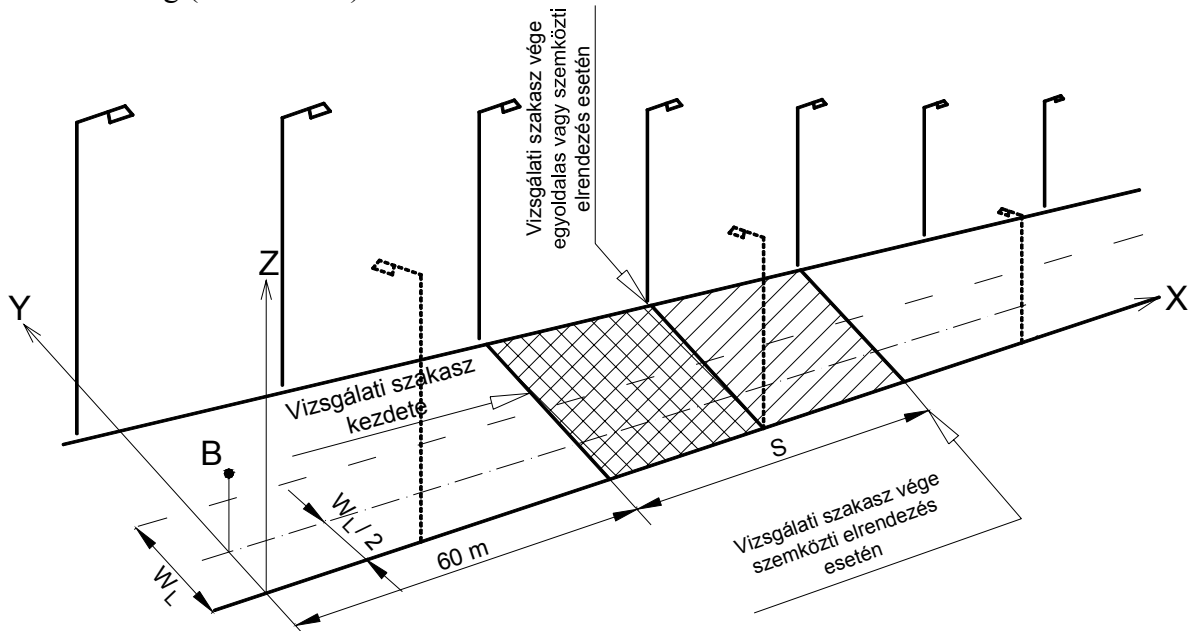
A világítási jellemzők mérését – villamos üzemű berendezésekről lévén szó – csak állandó hálózati feszültség mellett szabad elvégezni. Ennek értékét nagy pontosságú feszültségmérővel kell ellenőrizni, és a mérési jegyzőkönyvben rögzíteni kell.

Szélsőséges időjárási viszonyok (eső, hó, köd, vizes útburkolat) között nem végezhető mérések, és $+5^\circ\text{C}$ alatt csak termosztált műszerek használhatók.

A mérés során kerülni kell minden zavaró körülményt (idegen fényforrások, árnyékok stb.), és amennyiben ezek hatása nem küszöbölhető ki, úgy azokat a jegyzőkönyvben dokumentálni kell.

A fénysűrűség mérése

A fénysűrűség (ill. annak egyenletessége és hosszegyenletessége) meghatározása során legelőször a szemlélési pontot és a mérési területet kell kijelölnünk. A szabvány a járművezető helyzetét úgy veszi figyelembe, hogy az 1,5 m magasból az előtte 60÷160 m távolságban lévő útfelületet szemléli. Ehhez igazodik a szabvány is, amikor a szemlélési pont helyét a mérési terület előtt 60 méterrel, 1,5 m magasságban, a forgalmi sáv közepén határozza meg (ld. 5.8. ábra)



5.8. ábra

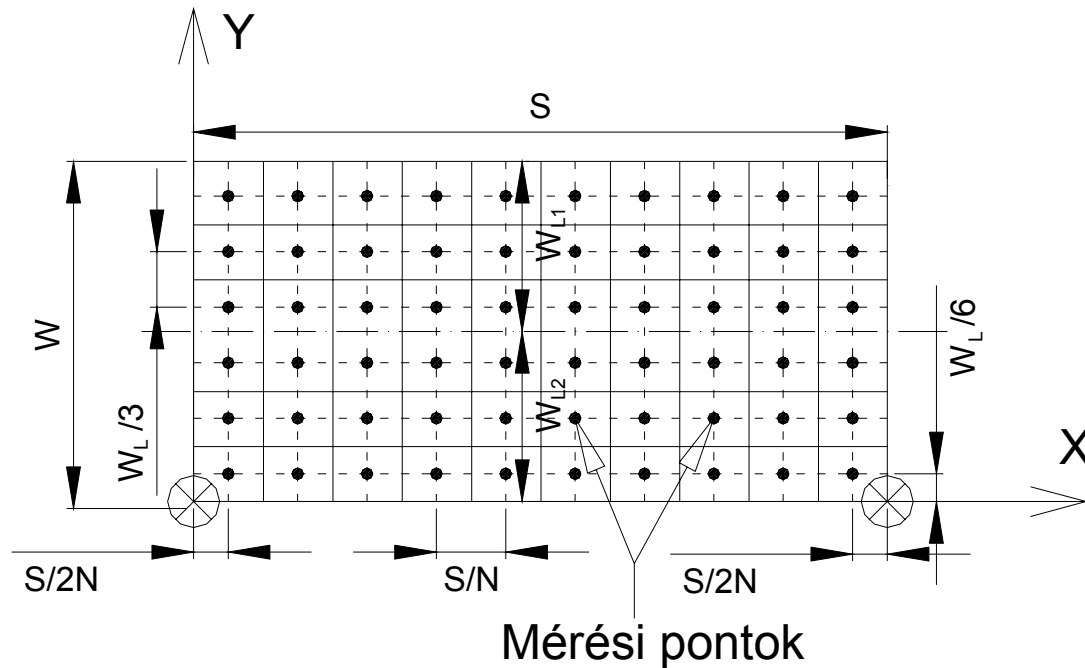
Szemlélési pont helye és a vizsgálati terület kijelölése a fénysűrűség mérésekor

Az átlagos fénysűrűség mérése történhet egyetlen méréssel, arra alkalmasan „maszkolt” műszer felhasználásával¹⁰, vagy pontonkénti mérések sorozatával. Az első esetben a műszer elé olyan méretű és alakú „maszkot” kell elhelyezni, amelyen keresztül a fénysűrűség mérő csak a vizsgálati területet „látja”, és látószöge megfelel a vizsgált terület méreteinek.

Pontonkénti mérés esetén kisebb látószögű (vertikális irányban 2°, horizontális irányban pedig 20°) eszközt kell alkalmazni. A mérési területet ebben az esetben hosszirányban minimum 10, keresztirányban pedig sávonként 3-3 egyenlő részre kell felosztani, amivel egy elméleti hálót hozunk létre.¹¹ A mérési pontokat a háló által keletkezett téglalapok középpontjában kell kijelölni (ld. 5.9. ábra).

¹⁰ A fénysűrűségmérő elé egy olyan alakú maszkot helyeznek, melyen keresztül csak a mérési terület irányából érkezik fény a műszerbe.

¹¹ Ha az osztásköz nagyobb 30 m-nél, akkor hosszirányban a vizsgálati területet annyi részre kell felosztani, hogy két mérési pont távolsága ne haladja meg a 3 métert.



5.9. ábra

Mérési pontok kijelölése a fénysűrűség ill. a megvilágítás pontonkénti mérése esetén

A megvilágítás mérése

A gyakorlatban általában a horizontális megvilágítást szokták méréssel ellenőrizni. (Vertikális megvilágítás mérésére csak a gyalogátkelőhelyeken kerül sor. Erre itt most nem térünk ki, de a korábbi szabvány külön foglalkozik vele.¹² A jelenleg érvényes szabvány kitér a félszférikus megvilágítás mérésének módjára is.)

A horizontális megvilágítás mérése statikus vagy dinamikus módszerrel történhet. A statikus módszernél az érzékelő(k) a mérés időpontjában rögzített mérési ponton vannak, míg dinamikus mérés során az érzékelőket egy járművön helyezik el, és a mérés mozgás közben, mintavételezéssel történik. Ebben az esetben szükséges a mérési pontok helyének pontos dokumentálása és a zavaró körülmények (jármű árnyéka, visszavert fények, idegen fények, elektronikus zajok) kiszűrése, de a mozgó járműből való mérés a teljes reprodukálhatóságot így sem teszi lehetővé, ezért a szabvány ezt a módszert főként csak az avulás mértékének meghatározására engedélyezi. Új berendezés ellenőrzésére csak a statikus módszer használható.

A horizontális megvilágítás statikus mérésénél a vizsgálati terület és a mérési pontok kijelölése megegyezik a fénysűrűség pontonkénti meghatározásánál leírtakkal, azaz a 5.1.9. ábra szerint történik. A műszer érzékelőjét az útfelületen ill. attól max. 0,2 m magasságban, vízszintesen kell elhelyezni. Az átlag ill. az egyenletesség meghatározása a mérési eredmények alapján számítással történik a korábban tanultak alapján.

¹² ld. MSZ 20194-4 szabvány 3.4. és 5.2. pontjai