

Záróvizsga kérdéssor

Tantárgycsoport neve: **Hőellátás és energiahatékonyság**

Neptun kódja: ZVEGEÉENPHE

Kreditértéke: 8

Tantárgycsoportba sorolt tantárgy(ak):

- **Energetikai audit, tanúsítás, minősítés, monitoring** (BMEGEÉENP21)
- **Fűtési rendszerek** (BMEGEÉENP23)

Épületgépészeti és eljárástechnikai gépészmérnöki mesterképzési szak (2N-MP0-2019)

Specializáció: Komfort épületgépészet specializáció

Tantárgyfelelős(ök):

- Dr. Csoknyai Tamás, csoknyai.tamas@gpk.bme.hu, ÉPGET, GPK
- Dr. Szánthó Zoltán, szantho.zoltan@gpk.bme.hu, ÉPGET, GPK

A tantárgyak hatályos adatlapját a Gépészmérnöki Kar Oktatási Portálján tekintheti meg.

<https://oktatas.gpk.bme.hu/>

A vizsgafelkészülés előtt a kérdéssor időbeli hatályát
mindig ellenőrizze az edu.gpk.bme.hu oldalon!

Érvényes: 2021. szeptember 1. és 2022. január 31. között

Dr. Csoknyai Tamás s.k.

egyetemi docens

Dr. Szánthó Zoltán s.k.

egyetemi docens

Energetikai audit, tanúsítás, minősítés, monitoring

I. Épületenergetikai követelmények és energiatanúsítás

1. Épületenergetikai követelmények és az energiatanúsítás jogszabályi és szabványügyi háttere, a jogszabályok hatálya (követelmények hatálya, időbeni bevezetése felújításokra, bővítésekre és új építésekre), kivételek, jelentős mértékű felújítás és bővítés fogalma. Egyszerűsített és részletes módszerek szerepe.
2. A számítás lépései, egyes lépések egymásra épülése, kapcsolata a követelményszintekkel.
3. Fogyasztói magatartás figyelembe vétele az energetikai követelmények ellenőrzésekor, tanúsítás és audit esetén.
4. Energiafogalmak és értékelési indikátorok definíciója, egymáshoz való viszonya (fajlagos hőveszteség tényező, nettó igény, végenergia, nem megújuló és megújuló primer energia, CO₂).
5. Nettó igények meghatározása, lakóépületekre vonatkozó értékek.
6. Hasonlítsa össze az energetikai auditot és tanúsítást épületekre vonatkozóan. Az összehasonlítás során térjen ki az audit és tanúsítás céljára, érvényességére, alap megfontolásaira, valamint főbb eredményeire.
7. A fajlagos hőveszteség tényező fogalma, szerepe, jelentősége, képlete (tagok részletes magyarázatával) értékét befolyásoló tényezők. Egyszerűsített és részletes számítási lehetőségek.
8. Hőhidak figyelembe vétele, szintjei (elemen belüli, csatlakozási hőhidak), ezek viszonya a követelményszintekkel. Egyszerűsített és részletes számítási lehetőségek.
9. Talaj irányú hőáramokat befolyásoló tényezők (ábra is), alkalmazott számítási módszerek.
10. Direkt szoláris nyereségek számítása, képlet, tagok magyarázata (jellemző g-értékek és árnyékolási tényezők).
11. Nyári túlmelegedés kockázata. Képlet, követelmény.
12. Légszere figyelembe vétele télen, nyáron, átmeneti időszakban.
13. Az épületgépészeti rendszerek veszteségkomponensei, ezek egymáshoz való viszonya (diagram).
14. Az összesített energetikai jellemző fogalma, képlete, tagok magyarázata.
15. Egyensúlyi hőmérsékletkülönbség, hőfokhíd, fűtési idény hossza. Befolyásoló tényezők.
16. Nettó fűtési energiaigény fogalma, képlete, tagok magyarázata természetes szellőzés esetén. Légszerezszám meghatározásának elve. Gépi szellőzés esetén milyen további tényezőket kell még figyelembe venni?
17. A fűtési / HMV rendszer fajlagos primer energiaigényének komponensei, jele, mértékegysége (indexek pontos ismerete nem elvárás). Egyes tagok magyarázata.
18. A teljesítménytényező fogalma, hatásfok fogalmak (névleges, szezonális, szabványos szezonális, ErP szerinti) különös tekintettel gázkazánokra és hőszivattyúkra.
19. A fűtési / HMV rendszer végenergia igénye és villamos segédenergia igénye. Viszonya a primer energia igényhez és a követelményekhez.
20. A primer energia tényező fogalma, néhány jellemző érték.
21. A hűtési rendszer nettó és primer energia igényének meghatározása. Elvi háttér, befolyásoló tényezők).
22. A követelményszintek bemutatása, azok hatálya (melyik mikor érvényes), egymáshoz való viszonya.

23. A szerkezetekre vonatkozó elemi követelmények. Mit foglal magába pontosan? Néhány jellemző U_{max} -érték (külső fal, műanyag ablak, tetőszerkezetek). Néhány gépészeti elemi követelmény felsorolása.
24. Fajlagos hőveszteség tényező követelménye, jellegre helyesen (számok nélkül). Miért ilyen?
25. Az összesített energetikai jellemző követelménye, jellegre helyesen (számok nélkül). Miért ilyen? Egyéb rendeltetésű épület esetén mi az eljárás?
26. A követelmények hatálya (új építés jelentős, nem jelentős mértékű felújítás, stb.)
27. Mikor kell energiatanúsítványt kiállítani, hogyan zajlik a folyamat? Mik a kivételek (legalább 5)?
28. Az energetikai kategóriába sorolás módjának ismertetése, speciális szabályok CC-nél jobb kategóriák esetén.

II. Benapozás

1. Árnyékolók és árnyékvetők fogalma, figyelembe vétele energetikai számítások során. Jelentőségük az épületek energetikai folyamataiban.
2. Ismertesse a hengeres nappálya diagram származtatását, felépítését (ábra). Mit lehet róla leolvasni?
3. Ismertesse a hengeres árnyékmászok diagram származtatását, felépítését (ábra). Mit lehet róla leolvasni? Jellegzetes árnyékmászok (erkély, szemközti ház, loggia pofafal).
4. A benapozás vizsgálat célja, lépései. Szoláris idő fogalma, szerepe. A tájolás szerepe, figyelembe vétele a vizsgálat során. Mérési lehetőségek. Részleges és teljes benapozás esete. Mikor mondjuk, hogy egy felület benapozott?

III. Légtömörség szerinti minősítés

1. Filtrációval kapcsolatos fogalmak. Mik az okai, jellemző kialakulási helyei? Légtömör épületburok előnyei, hátrányai.
2. Ismertesse a légtömörség minősítő eljárás (blower door mérés) célját, elvét, alkalmazási feltételeit.
3. Ismertesse az épületek jellemző légtömörégi hibahelyeit, azok diagnosztizálásának lehetőségeit, adjon példákat légtömör konstrukciós megoldásokra.
4. Ismertesse a légtömörség minősítő eljárás (blower door mérés) jellemző mérőszámait.
5. Ismertesse a szellőzési igények / veszteségek meghatározásának lehetőségeit, a szabványos számítási és mérési eljárásokat, figyelembe vételüket energetikai értékelések (pl. tanúsítás, audit, környezeti minősítő rendszerek) során.

IV. Fogyasztói magatartás szerepe az épületenergetikában

1. Épülethasználói viselkedés szerepe és jelentősége az épületek energiamérlegében. Az épületek mely energetikai folyamatait befolyásolja a viselkedés, hogyan függ ez össze az épület energiamenedzsment rendszerével? Viselkedésdiagnosztikai eszközök.
2. A fogyasztói magatartás figyelembe vételének lehetőségei a különböző értékelési eljárások (tanúsítás, audit, szimuláció, SRI indikátor) során.
3. Fogyasztói magatartás befolyásolásának eszközei, a magatartásmenedzsment (Demand Side Management) eszköztára.

V. Épületgépészeti rendszerelemek energetikai forgalomba hozatali indikátorai

1. Az ErP irányelv célja, az érintett berendezések köre. (BSc ismétlés)
2. Gázkazánok szezonális hatásfokának meghatározása az ErP irányelv szerint, valamint annak kapcsolata a termék energiacímkével. (BSc ismétlés)
3. Hőszivattyúk szezonális hatásfokának meghatározása az ErP irányelv szerint, valamint annak kapcsolata a termék energiacímkével. (BSc ismétlés)

4. Általános vízszivattyúk ErP követelményei, mérőszáma (MEI), jellemző határértékek (2021-ben nem hangzott el, aki akkor tanulta a tárgyat nem kell tudni)
5. Nedvestengelyű keringtető szivattyúk EEI (Energy Efficiency Index) értéke, hogyan kerül meghatározásra (diagram), jellemző határértékek (2021-ben nem hangzott el, aki akkor tanulta a tárgyat nem kell tudni)
6. Szivattyú szabályozási módok áttekintése (állandó fordulató, állandó nyomáskülönbség, arányos nyomáskülönbség, öntanuló rendszerek: pl. auto-adapt, flow-adapt), diagnosztikai és optimalizálási lehetőségek (2021-ben nem hangzott el, aki akkor tanulta a tárgyat nem kell tudni)

VI. Szimuláció

1. Mi a dinamikus szimuláció célja? Magyarországon a TNM rendelet szerint mikor lehet alkalmazni? Mik a szimuláció lépései? Részletezze az egyes lépéseket (bemenő paraméterek, szimulációs eredmények). Hogyan illeszkedik a minősítő rendszerekhez?
2. Miben tér el a szimuláció a havi vagy szezonális módszerektől (adatbeviteli részletesség, munkaigény, eredmények)? Milyen feltételek mellett ad megbízhatóbb eredményt, mint az egyszerűsített módszerek, vagyis mely esetekben érdemes használni és mik az alkalmazásának kockázatai?
3. Szimuláció során milyen paramétereket lehet megadni az épülettel és az épülethasználattal kapcsolatban? A szimulációs modell részletettségé hogyan befolyásolja a szimulációs eredmények pontosságát és a szimuláció futási idejét?

VII. Audit és monitoring

1. Energetikai auditálás jogszabályi és szabványügyi háttere, főbb elemei (jogszabályokat nem kell tudni felsorolni).
2. Hasonlítsa össze az energetikai auditot és tanúsítást épületekre vonatkozóan. Az összehasonlítás során térjen ki az audit és tanúsítás céljára, érvényességére, alap megfontolásaira, valamint főbb eredményeire.
3. Ismertesse az auditálás folyamatát és röviden ismertesse az egyes lépéseket. Ismertesse az energetikai audit során alkalmazható módszereket.
4. Fogyasztói számlák elemzése. Milyen nehézségek adódhatnak fogyasztói számlák elemzésekor? Ismertesse a bázis időszak fogalmát, valamint egy példán keresztül mutassa be, hogy mire lehet alkalmazni.
5. Okosmérők. A koncepció lényege, szerepe az energiafogyasztás értékelésében és az energiahatékonyság javításában.
6. Idősoros elemzések ismertetése. Módszer, mért paraméterek, mintavételi intervallum jelentősége, korlátok, levonható következtetések.
7. Milyen alapvető különbségekre kell odafigyelni 15 perces gáz-, illetve villamosenergia fogyasztási adatok értékelésekor?
8. Jövőbeli fogyasztások becslési lehetőségei múltbéli fogyasztások alapján.
9. Fogyasztási adatsorok jellegzetes hibái, kiszűrés lehetőségei az adatelemzés során.
10. Hogyan becsülhető egy, az auditban javasolt intézkedés által elérhető várható megtakarítás? Hogyan számítható egy, az auditban javasolt intézkedés által elért megtakarítás az intézkedés megvalósítása után?
11. Hőfogyasztási adatok korrekciója hőfokhíd szerint. (BSc. ismétlés)
12. Ismertesse az Energy Signature diagramot, mutasson be egy példát, ahol egy diagramban szerepeltet két épületet, az egyikben fűtési és HMV fogyasztás is van, a másikban csak fűtés.

13. Ismertesse az Energy Signature és a hőfokgyakorisági tartamdiagram közötti főbb különbségeket, ismertesse, hogy mivel az Energy Signature milyen többlet információt nyújthat a hőfokhidas korrekcióhoz képest.
14. Felújítási javaslatok ismertetésénél milyen tényezőket kell figyelembe venni? Részletesen ismertesse az energetikai, valamint költség szempontokat.

VIII. Életciklus értékelés

1. Mi az életciklus elemzés (LCA) és az életciklus költség / globális költség (LCC) analízis? Ki és milyen célból használhatja az életciklus elemzés módszerét?
2. Mi az életciklus költség / globális költség (LCC) analízis? Milyen egyéb gazdaságossági mutatók vannak és miben nyújt többlet az LCC? (BSc. ismétlés)
3. Egy termék vagy szolgáltatással kapcsolatban milyen életciklus fázisokat lehet megkülönböztetni?
4. Ismertesse ábrán keresztül az életciklus elemzés (LCA) egyes fázisait és röviden jellemezze az egyes egységeket!
5. A célok és rendszerhatárok meghatározásának milyen fő egységei vannak? Épületek esetében milyen funkcionális egység alkalmazása jellemző?
6. Ismertesse a hatásbecslési fázist! Milyen hatásbecslési/hatásértékelési módszereket ismer?
7. Röviden ismertesse a CML módszer bemutatott hatáskategóriáit?
8. Mi a kumulatív energiaigény (CED)?
9. Ismertesse az Eco-indicator 99 módszer lényegét!
10. Mely életciklus fázisok a legjelentősebbek az épületgépészeti rendszer szempontjából és melyek az épület szempontjából?

IX. Okos épület indikátor (SRI)

1. Ismertesse egy intelligens épület, intelligens elektromos hálózat és intelligens város viszonyrendszerét!
2. Mit jelent a BMS és milyen épületgépészeti rendszerek felügyeletét támogatja?
3. Mi a különbség egy épület gépészeti rendszereinek szigetüzemű és központi szabályozású kialakítása között?
4. Ismertesse a Smart Readiness Indicatort, várható szerepét az intelligens technológiák elterjedésében!
5. Ismertesse a Smart Readiness Indicator által használt kritériumokat, területeket és módszereket!

X. Környezettudatos épületminősítő rendszerek

1. Környezettudatos épületminősítő rendszerek célja, szerepe, alkalmazása. A fenntartható építés eszközszerkezete.
2. A lineáris és környezettudatos modell ismertetése, összehasonlítása (ábrák is), szempontok: energia-, víz-, levegő-, anyaghasználat.
3. Ismertessen egy választott környezettudatos épületminősítő rendszert (pl. LEED, BREEAM) az alábbi szempontok szerint: milyen értékelési szempontokat alkalmaz (pl. anyag- és forráshasználat, energia, stb.), az energiafelhasználást mi alapján veszi figyelembe, milyen lépésekből áll az értékelési folyamat, milyen szakágakat érint (különös tekintettel az „extra” szakágakra), milyen minőségbiztosítási elemei vannak? Mi az eredménye, mikor alkalmazzák?
4. Hasonlítsa össze a legelterjedtebb környezettudatos épületminősítő rendszereket: LEED, BREEAM, DGNB, WELL. Mik a lényegi különbségek, hol terjedtek el, melyiket mikor ajánlott alkalmazni?
5. Hasonlítsa össze az épülettervezés hagyományos és integrált szervezeti és működési modelljét.

Fűtési rendszerek

- I. Fűtött tér dinamikus hőegyensúlya
- II. Hőtároló méretezésének elvei (HMV tároló; hűtési puffertároló; napkollektoros rendszer tárolója; hőszivattyú tárolója; hőtárolás az épületszerkezetben)
- III. Kétállású szabályozás
- IV. Éjszakai és hétvégi fűtés csökkentés üzeme és energetikai értékelése
- V. Rendszerkapcsolások (kazánház, hőszivattyú; hőközpont)
 1. hidraulikai szabályozókörök
 2. állandó tömegáramú rendszerek kialakítása
 3. változó tömegáramú rendszerek kialakítása
 4. hidraulikai leválasztó
 5. szabályozási feladatok
 6. kialakítási szempontok
- VI. A fűtési menetrend meghatározása a hőmérleg és a hőleadók hőleadása alapján. A fűtési menetrend korlátai. A menetrend hatása az üzemeltetés költségeire.
- VII. Elosztóhálózatok és szabályozókörök beszabályozása. A beszabályozatlanság következményei hőleadókon és szabályozókörökben.
- VIII. Fűtési rendszerek szabályozási feladatai. Két- és háromszintű szabályozás.
- IX. Termosztatikus szelep működése, kiválasztása, méretezése.
- X. Szabályozó szelepek: lineáris, egyenlőszázalékos. Autoritás. Alapátfolyási és üzemi jelleggörbe.
- XI. Szelepválasztás különböző hidraulikai szabályozókörökhöz
- XII. Hőcserélő és szabályozókor viselkedése a szekunder igény különböző változásaira (előremenő- és visszatérő hőmérséklet; tömegáram) különböző szabályozási módok (mennyiségi, minőségi) esetén

A tárgy tematikája a 2020 tavaszi félév tanmenete alapján

- XIII. Hőátzármaztatási peremfeltételek; hidraulikai alapkapsolások; miért kell saját hőmérsékletszabályást tenni egy korszerű épület minden önálló körére
- XIV. Milyen szempontok szerint alakítanánk ki egy korszerű fűtési rendszert? Pál Péter hatékonysági szempontjai: 1. használj fel minél kevesebbet; 2. az legyen olcsó; 3. azt használd fel minél hatékonyabban. Egytárolós modell diffegyenlete megoldással; milyen lenne a két- és háromtárolós modell?; Éjszakai fűtés csökkentés szabályozása és energetikai értékelése.
- XV. Hőmérsékletszabályozás kétállású szabályozóval. A korszerű fűtési rendszerekben egyre fontosabb lesz a hőtárolás alkalmazás: miért? Napkollektoros HMV termelés: fogyasztás, termelés, tároló. Kumulált hőfelhasználás diagramja, a Q-tau és Qpont tau diagramok viszonya. Hogyan lehet a tárolót felhasználni a hőtermelés optimalizálására. A SKÁLA áruház folyadékűtője.
- XVI. Családi ház éjszakai fűtés csökkentése: alul nehéz szerkezet, fent könnyűszerkezetes tetőtér. Hogyan működik ez szobatermosztátról vezérelve. Mit lehet tenni a tetőtér túlűlése ellen? Fűtési rendszerek szabályozásának szempontjai és feladatai. Távfűtési rendszerek háromszintű szabályozása. Fűtési rendszerek kétszintű és háromszintű szabályozása. A fűtési előremenő menetrend meghatározása a hőmérleg alapján. A fűtési előremenő hőmérséklet meghatározása a hőleadók hőleadásának figyelembe vételével. Lineáris menetrend megadása. Tülfűtés alacsony és fűtési határhőmérséklethez közeli külső hőmérsékleteknél.

- XVII. Különböző helyiségek egyensúlyi hőmérséklete különböző feltételek között. Helyiség dinamikus viselkedése; a hőmérséklet változása a fűtés kikapcsolásakor.
- XVIII. Miért határozza meg az előremenő hőmérséklet egyértelműen a rendszer üzemét. A menetrend kialakításának szempontjai. Az előremenő hőmérséklet és a szükséges tömegáram kapcsolata adott hőigény kielégítésekor, adott hőcserélőnél. Bosnjakovic tényező. Optimális előremenő hőmérséklet menetrend változó tömegáramú rendszerben. Korlátok. HMV termelés menetrendje. Hőmérsékletek az állandó tömegáramú rendszerben. A hőcserélők sorrendjének változtatása állandó tömegáramú rendszerben. Kánya-Magasházy kapcsolat. Mikor kell átkapcsolni? Mi van, ha nincsen munkaeő? Van-e különbség csőves és lemezes hőcserélő esetén? Égtáj szerint osztott fűtés. Kínálati menetrend. Vegyes kapcsolású változó tömegáramú hkp. elő- és utófűtő hőcserélővel. A tömegáram alakulása.
- XIX. A primer előremenő hőmérséklet és tömegáram viszonya. A primer előremenő változtatásával kézben tartható a rendszer. Van optimális primer előremenő menetrend, és az meg is határozható. Mik az egyenáramú hőcsere korlátai. Kánya-Magasházy kapcsolat. Állandó tömegáramú távfűtési menetrend. Soros-párhuzamos átkapcsolásra alkalmas, HMV elő- és utófűtő hőcserélős változó tömegáramú hőközpont. A hőközpont szabályozása. A hőközpont primer tömegáram igénye. Példák arra, hogyan lehet az időben változó, különböző hőfokszintű hőigényeket kapcsolási megoldásokkal és szabályozással kielégíteni.
- XX. Példa: légkezelő előfűtő kalorifer ellátása a fűtési visszatérőből. Nyomásdiagram a befecskendezés méretezéséhez. Hőcserélő minőségi szabályozása: lineáris. Hőcserélő mennyiségi szabályozása: nem lineáris karakterisztika. Mit tud a hőcserélő, ha túlhajtjuk primer tömegárammal? Beszabályozatlansági példa: +50% - -50% tömegáram hatása a radiátoron. Hőcserélő autoritása. A hőleadási karakterisztika közelítése a hőcserélő autoritás segítségével. Lineáris és egyenszázalékos szelep. Szelepkapacitás. Egyenszázalékos karakterisztika diffegyenlete. Hőcserélő szabályozása egyenszázalékos szeleppel. Szelepaautoritás. Hogyan torzul a szelepkarakterisztika az autoritás függvényében. Jelleggörbék.
- XXI. Mit csinál a radiátor visszatérő a termosztatikus szelep zárásakor.
- XXII. Ismétlés: hőcserélő autoritás; szelepaautoritás, alapátfolyási \rightarrow üzemi jelleggörbe; komplementer szelep; hol kritikus a tömegáram szabályozás. Szabályozási kör; értelmezése előremenő hőmérséklet szabályozásra; termosztatikus szelepes helyiség-hőmérséklet szabályozásra; nyomásszabályozásra. Termosztatikus szelep feladata, felépítése, működése. $K_v=f(t)$; szelepállás szerepe; arányossági sáv. Az arányossági sáv befolyása a körerősítésre. Szabályozó kör behangolása; optimális arányossági sáv. Mi van, ha 1. nincs hőmérséklet előszabályozás; 2. nincs beszabályozás? A visszatérő szelep feladata.
- XXIII. Mit csinál a visszatérő, ha zár a termosztatikus szelep? Mit csinál a primer visszatérő tömegáram szabályozásnál, ha csökken a hőigény, és a szekunder oldalon: 1. a tömegáram állandó és emelkedik a szekunder visszatérő; a szekunder visszatérő az állandó, és csökken a szekunder tömegáram.
- XXIV. Kazánházi és hőközponti kapcsolások.
- XXV. Gravitációs fűtés méretezése.
- XXVI. A gravitációs hatás megnyilvánulása az épületgépészetben: falikazánhoz csatlakozó HMV bojler?; napkollektor + puffer?; egycsöves fűtés lezárt radiátora?; magasház szellőzése?
- XXVII. Felületfűtés
- XXVIII. Épülettömeg temperálás
- XXIX. Szabályozókörök beszabályozása

- XXX. Szelepválasztás különböző szabályozási körökhöz
XXXI. Költségosztás

