AQUAROBOTX



A mérnöki probléma megértése és a robotkoncepció kialakítása

AquaRobotX tananyag 1. modul

Hogyan lesz egy valós feladatból indokolható, megépíthető és tesztelhető rendszerkoncepció?

Készítette:

UNEXMIN Georobotics Kft.

Kiadás dátuma: 2026. november 17.

© UNEXMIN Georobotics Kft.
verseny@aquarobotx.hu

Tartalom

1. Bevezetés 3

2. Miért nem az alkatrészekkel kezdünk? 4

3. A verseny műszaki háttere 5

3.1. A PIPEON projekt és az UNEXMIN Georobotics Kft. (UGR) szerepe 6

4. A feladat értelmezése: mit kell valójában megoldani? 8

4.1. Problémamondat: legyen pontos, de ne szűkítse le túl korán a megoldást 8

4.2. Érintettek, környezet és rendszerhatár 9

4.3. Tény, feltételezés és nyitott kérdés 10

4.4. Küldetés és sikerkritérium 10

5. Követelmények és korlátok: mit kell tudnia a rendszernek? 11

5.1. Milyen típusú követelményekre van szükség? 11

5.2. A jó követelmény nem kívánság 12

5.3. Prioritás és ellenőrzés 12

5.4. A versenydokumentumok mérnöki olvasása 12

6. Mit tartalmaz egy robotkoncepció? 13

6.1. Funkciók előbb, alkatrészek később 13

6.2. Távvezérelt, részben autonóm vagy autonóm? 14

7. Több koncepció, jobb döntés 14

7.1. Hogyan hasonlítsuk össze őket? 15

8. Kockázatok és korai bizonyítékok 15

9. Hogyan legyen igazán jó a koncepcióterv? 16

9.1. Javasolt felépítés 16

9.2. Mitől lesz szakmailag meggyőző? 17

10. Tíz kérdés beadás előtt 18

11. Összegzés 18

12. Irodalomjegyzék 19

© UNEXMIN Georobotics Kft.
verseny@aquarobotx.hu

1. Bevezetés

Egy robot fejlesztése gyakran egy látványos ötlettel indul, azonban a mérnöki tervezésben érdemes egy lépéssel korábban kezdeni. Először azt kell tisztáznunk, hogy milyen problémát kell megoldani, milyen környezetben, milyen sikerfeltételek mellett, és mit kell majd bizonyítani a kész rendszer működéséről.

Tananyagunk első része abban segít, hogy a csapatok ne egyszerűen egy robotötletet írjanak le, hanem követhető mérnöki érvelést készítsenek. A célunk bemutatni, hogyan vezethető le a koncepció a feladatból, a pályából, a szabályokból, a műszaki korlátokból és a rendelkezésre álló erőforrásokból. A tananyagrész segítségével a csapat képes lesz a robot küldetését, fő funkcióit, működési környezetét és választott műszaki megközelítését összefoglaló koncepciótervét elkészíteni.

ALAPELV	A robot megtervezése nem az alkatrészlistánál kezdődik. Először azt kell megértenünk, mit kell a rendszernek megbízhatóan elvégeznie, és milyen bizonyíték alapján mondható majd ki, hogy sikerült.

A tananyag feldolgozásával a csapat képes lesz:

- a versenyfeladatot világos mérnöki problémaként megfogalmazni anélkül, hogy túl korán egy konkrét megoldáshoz ragaszkodna;
- a működési környezetet, az érintetteket, a rendszerhatárt és a bizonytalanságokat azonosítani;
- a küldetést, a sikerkritériumokat, valamint a fő funkcionális és korlátozó követelményeket megfogalmazni;
- több érdemben eltérő koncepciót áttekinteni, és a választást a követelményekhez visszakötni;
- a fő kockázatokat felismerni, és megnevezni, mit érdemes a fejlesztés elején kipróbálni;
- olyan koncepciótervet összeállítani, amelyből egy külső olvasó is megérti a csapat döntéseinek logikáját.



1. ábra. A koncepciótervezés logikai lánca. (A szerzők saját szerkesztése)

2. Miért nem az alkatrészekkel kezdünk?

A tervezés elején könnyű megragadni egy technikai ötletnél. Egy ismert hajtásmód, egy látványos szenzor vagy egy új programozási platform gyorsan úgy tűnhet, mintha maga lenne a megoldás. Az ötlet azonban még nem mondja meg, megfelel-e a valódi feladatnak. A mérnöki munka ezért előbb a problémát és a környezetet tárja fel, majd ezekből képez követelményeket, és csak ezután szűkíti a lehetséges megoldások körét. (ISO/IEC/IEEE, 2023; INCOSE, 2023)

A kutatások szerint a kezdő tervezők gyakran túl szűken járják be a lehetséges megoldások terét, és ragaszkodnak az első használhatónak tűnő ötlethez. Ezt nevezik tervezési rögzülésnek. A megoldástér tudatos bővítése és több nézőpont megvitatása segíthet csökkenteni a túl korai rögzülés kockázatát. A probléma újrakeretezése, több nézőpont bevonása és több koncepció tudatos vizsgálata segít elkerülni ezt a csapdát (Narayanan & Murthy, 2023; Svihla et al., 2023).

A koncepciótervezés nem egyenes vonal. Előfordulhat, hogy egy pályaadat, egy méréssel igazolt feltételezés vagy egy gyors próba miatt vissza kell térni a követelményekhez. Ez nem a terv gyengesége, hanem a fejlesztés természetes működése. A 2023-as rendszer-életciklus szabvány is iteratív és egymással párhuzamosan futó folyamatokkal számol (ISO/IEC/IEEE, 2023).



2. ábra. A problématér és a megoldástér közötti kapcsolat. (A szerzők saját szerkesztése)

MEGJEGYZÉS	A jó koncepcióterv nem azt állítja, hogy az első ötlet tökéletes volt. Azt mutatja meg, hogy a csapat megértette a problémát, több lehetőséget mérlegelt, és indokolni tudja a döntéseit.

3. A verseny műszaki háttere

Az AquaRobotX témája a fenntartható vízgazdálkodáshoz és a nehezen hozzáférhető infrastruktúrák korszerű vizsgálatához kapcsolódik. A csatornahálózatok a települések működésének alapvető rendszerei. Európa víziközmű-hálózatai a kontinens legkiterjedtebb, mégis legkevésbé látható infrastruktúrái közé tartoznak. A 2024-ben elfogadott új uniós települési szennyvíz-irányelv a környezet és az emberi egészség védelme mellett hangsúlyozza a monitoring, az átláthatóság, az energiahatékonyság és az innováció szerepét is (European Parliament and Council, 2024).

Az EurEau 2026-os jelentése három fontos tényre világít rá (EurEau, 2026):

- Az EurEau által vizsgált európai országok ivóvízhálózatának becsült teljes hossza eléri a 4,4 millió kilométert, amelyből 3,9 millió kilométer az Európai Unió 27 tagállamában található.
- A szennyvízelvezető rendszerek becsült európai hossza további 3,3 millió kilométer, ebből 2,6 millió kilométer az EU területén.
- A hálózatok megújítása kulcsfontosságú kihívás. A jelentés szerint mind az ivóvíz-, mind a szennyvízhálózatok átlagos éves felújítási aránya csökkent az előző kiadáshoz képest. Ez hosszú távon komoly kérdéseket vet fel az infrastruktúra állapotának megőrzésével és fenntartható üzemeltetésével kapcsolatban.

Ezek az adatok arra emlékeztetnek, hogy a felszín alatt húzódó infrastruktúra nem csupán mérnöki létesítmények összessége, hanem a közegészségügy, a környezetvédelem és a városi élet egyik alapvető feltétele. A jövő egyik meghatározó mérnöki feladata nemcsak az új hálózatok építése, hanem a meglévő rendszerek állapotának pontos megismerése, felügyelete és hosszú távú megőrzése is.

A hálózatok belseje szűk, sötét, nedves és sokszor szennyezett. A geometria változhat, az akadályok előre nem mindig ismertek, a rádiókapcsolat bizonytalan lehet, a helymeghatározás pedig GPS nélkül nehéz. A kutatási áttekintések ezért nem egyetlen „ideális” csőrobotot írnak le, hanem sokféle mozgási, érzékelési, lokalizációs és irányítási megoldást, amelyek más-más környezetben előnyösek (Kahnamouei & Moallem, 2023).

A robot használatának értelme nem pusztán az, hogy olyan helyre jusson be, ahová ember nehezen fér be. A rendszernek rendezett, értelmezhető és lehetőleg helyhez köthető adatot kell szolgáltatnia, miközben a saját működését és a környezet biztonságát is felügyeli. Az infrastruktúra-vizsgálatban alkalmazott robotokkal kapcsolatos kutatások visszatérő témái az autonóm navigáció, az érzékelés, az adatátvitel, a biztonság és a mérési eredmények értelmezése (Halder & Afsari, 2023).

3.1. A PIPEON projekt és az UNEXMIN Georobotics Kft. (UGR) szerepe

Az AquaRobotX szakmai hátterének egyik fontos eleme a Horizon Europe által támogatott PIPEON projekt, melynek célja olyan autonóm robotikai és mesterségesintelligencia-alapú megoldások fejlesztése, amelyek képesek a nehezen hozzáférhető csatornahálózatok bejárására, feltérképezésére és állapotának vizsgálatára. A robotok feladata a hibák és akadályok felismerése, adatok gyűjtése, valamint a csatornahálózatok biztonságosabb és hatékonyabb fenntartásának támogatása.

A 2025 és 2028 között futó kutatás-fejlesztési (K+F) projekt 12 európai partner részvételével az autonóm navigációt, a szenzorfúziót, a térképezést, a hibák és anomáliák felismerését, valamint a kockázattudatos küldetéstervezést sorolja fő céljai közé (European Commission, 2025; PIPEON, 2025).

3.1.1. Autonóm robotika a csatornahálózatok felmérésében

A csatornahálózatok autonóm robotikai vizsgálata a lokalizáció, a környezetérzékelés és a valós idejű döntéshozatal összehangolását igényli. A földalatti infrastruktúrában a korlátozott látási viszonyok, a változó csőgeometria, a GPS hiánya, a víz és a különböző akadályok jelenléte megnehezítik a robotok megbízható működését.

A PIPEON projekt ezekre a kihívásokra fejleszt integrált robotikai és mesterségesintelligencia-alapú megoldásokat. A kutatás többek között az alábbi területekre összpontosít:

- Szenzorfúzió és hibafelismerés: optikai, LiDAR-, akusztikus és radaralapú adatok együttes feldolgozása a csőhálózat állapotának felmérésére és a rendellenességek azonosítására.
- Autonóm lokalizáció és térképezés: szemantikus SLAM-eljárások alkalmazása a robot helyzetének becslésére és a környezet térbeli modelljének felépítésére olyan szakaszokon is, ahol kevés a megbízható tájékozódási pont.
- Kockázattudatos útvonaltervezés: olyan navigációs algoritmusok fejlesztése, amelyek a környezet állapotát és a működési kockázatokat is figyelembe veszik a robot mozgásának tervezésekor.
- Digitális ikermodellezés: a robotok által gyűjtött adatok összekapcsolása a csatornahálózat állapotmodelljeivel és hidrodinamikai szimulációival, a karbantartási beavatkozások megalapozása érdekében.

A PIPEON projekt célja nem pusztán a csatornák automatizált bejárása, hanem olyan rendszerek kialakítása, amelyek az érzékeléstől és a térképezéstől a hibák felismerésén át a karbantartás támogatásáig képesek integráltan működni.

3.1.2. UNEXMIN Georobotics Kft. szerepe

Az UGR egy sikeres európai uniós kutatási projektből kinőtt, hazai alapítású spin-off vállalkozás. Cégünk autonóm víz alatti robotok fejlesztésére és alkalmazására szakosodott. A robotok elsődleges feladata az elárasztott bányák, barlangok és ipari csővezetékek non-invazív – vagyis a környezet bolygatása nélküli – feltérképezése. Speciális eszközeink emberi élet kockáztatása nélkül képesek 3D-s lézer- és szonártérképeket készíteni, valamint geológiai adatokat gyűjteni. Cégünk a kereskedelmi szolgáltatások és K+F tevékenységek mellett célul tűzte ki, hogy létrehozzunk egy évről évre visszatérő kezdeményezést, ahol más-más kiemelt

fontosságú témát mutatunk be egy izgalmas verseny keretében. Közös feladatként tekintünk a fiatalok szemléletformálására, emberi és szakmai támogatásukra, valamint a műszaki-tudományos életpálya kézzelfoghatóvá tételére.

Az UGR a PIPEON K+F projekt partnereként nehezen hozzáférhető vízi és felszín alatti környezetek vizsgálatához kapcsolódó robotikai, adatgyűjtési és adatfeldolgozási feladatokban vesz részt. Az AquaRobotX ezeket a valós kutatás-fejlesztési irányokat oktatási környezetbe helyezi. A verseny nem új tudományos eredmény előállítását várja a csapatoktól, hanem azt, hogy egy kontrollált pályán gondosan megtervezett, indokolható műszaki megoldással dolgozzanak (UNEXMIN Georobotics Kft., 2026a).

FONTOS KÜLÖNBSÉG	A valós csatornahálózat és a versenypálya nem azonos. A pálya a valós problémák egy részét modellezi, ezért a csapatnak mindig a hivatalos pályadokumentációból és szabályzatból kell kiindulnia.

4. A feladat értelmezése: mit kell valójában megoldani?

A versenyfeladat értelmezésének első lépése a források sorrendjének tisztázása. A csapat számára a mindenkor hatályos versenyszabályzat, a pályarajz és a szervező hivatalos tájékoztatása az elsődleges. A tananyag és a szakirodalom abban segít, hogyan olvassuk ezeket mérnöki szemmel, de nem írhatja felül őket.

4.1. Problémamondat: legyen pontos, de ne szűkítse le túl korán a megoldást

A jó problémamondat megnevezi a felhasználót vagy érintettet, a működési környezetet, a végrehajtandó feladatot és a legfontosabb sikerfeltételeket. Szándékosan nem tartalmaz alkatrésznevet, konkrét hajtást vagy szenzort, mert ezek már megoldási döntések.

1. táblázat. Problémamondatok jellemző hibái és pontosításuk.

Gyenge megfogalmazás	Miért gyenge?	Jobb irány
„Építsünk lánctalpas robotot kamerával.”	Már a probléma tisztázása előtt kijelöli a hajtást és az érzékelőt.	„Olyan rendszerre van szükség, amely a kijelölt pályát bejárja, a szükséges állapotadatokat rögzíti, és az eredményeket azonosítható módon visszaadja.”
„A robot legyen gyors és stabil.”	Nem derül ki, mit jelent a gyorsaság vagy a stabilitás, és hogyan ellenőrizhető.	„A rendszer a hivatalos időkereten belül hajtsa végre a kötelező feladatokat, és a futam során tartsa meg működőképességét.”

4.2. Érintettek, környezet és rendszerhatár

Érintett mindenki, aki elvárást támaszt a rendszerrel szemben, használja, értékeli, karbantartja, vagy viseli a hibás működés következményeit. A versenyben ilyen a csapat, a konzulens, a zsűri, a pálya üzemeltetője és a szervező. Más szempontból nézi a rendszert az, aki irányítja a robotot, és másként az, aki a mérési adatokat értékeli.

A működési környezetet tervezést befolyásoló tényekkel kell leírni. A „szűk és sötét” kevés. A csapatnak azt kell végiggondolnia, milyen keresztmetszeten kell áthaladni, vannak-e kanyarok vagy szintkülönbségek, milyen lehet a felület tapadása, érheti-e víz az elektronikát, milyen látási és kommunikációs viszonyokra lehet számítani, és hogyan nyerhető vissza a robot hiba esetén.

A rendszerhatár megmutatja, mit tekint a csapat a tervezett rendszer részének. Nemcsak a mozgó robot tartozhat ide, hanem az irányítóközpont, a kommunikációs kapcsolat, a kezelőfelület, az adattárolás, az akkumulátortöltés és a biztonsági eljárások is. A rendszerhatár segít észrevenni azokat az interfészeket, amelyek a teljes rendszer együttműködéséhez szükségesek.

4.3. Tény, feltételezés és nyitott kérdés

A tervezés korai szakaszában nem tekinthető minden adat biztosnak. Ez önmagában nem gond. A gond akkor kezdődik, ha a csapat egy feltételezést tényként kezel. A három kategória elkülönítése ezért egyszerű, mégis nagyon erős tervezési eszköz:

2. táblázat. Tények, feltételezések és nyitott kérdések elkülönítése.

Kategória	Mit jelent?	Példa
Tény	Hivatalos dokumentumból származó vagy méréssel igazolt adat.	A pályadokumentációban megadott csőátmérő.
Feltételezés	Ideiglenesen elfogadott állítás, amelyre a terv épül, de még igazolni kell.	A vezeték nélküli kapcsolat a pálya minden pontján elegendő lesz.
Nyitott kérdés	Döntést, egyeztetést vagy mérést igénylő bizonytalanság.	Melyik felület okozza a legnagyobb tapadásvesztést?

A gondos koncepcióterv nem rejti el a bizonytalanságokat. Röviden megnevezi őket, és hozzáteszi, hogyan fogja a csapat tisztázni őket. Ez sokkal hitelesebb, mint olyan részletességet színlelni, amelyhez még nincs adat.

4.4. Küldetés és sikerkritérium

A küldetés egy rövid, összefüggő leírás arról, hogy a teljes rendszer honnan indul, mit végez el, milyen eredményt állít elő, és milyen állapotban fejezi be a feladatot. Nem szlogen, és nem is alkatrészlista. Akkor jó, ha a csapat minden fontos tervezési döntést vissza tud kötni hozzá.

A sikert több dimenzióban érdemes értelmezni: eljutott-e a rendszer a szükséges helyre; elvégezte-e a kötelező feladatot; használható adatot adott-e; biztonságosan befejezte-e a futamot; és a megoldás reálisan megépíthető-e a rendelkezésre álló időben. A jó küldetés nem próbál minden részletet egy mondatba zsúfolni, de egyértelművé teszi, mitől tekinthető eredményesnek a rendszer.

EGY HASZNOS KÉRDÉS	Ha a csapat tagjai külön-külön elmondják, mi a robot küldetése, ugyanazt a feladatot írják le? Ha nem, még nem elég pontos a közös koncepció.

5. Követelmények és korlátok: mit kell tudnia a rendszernek?

A követelmény hidat képez az igény és a műszaki megoldás között. Azt mondja meg, mit kell a rendszernek teljesítenie, milyen feltételek mellett, és hogyan lehet majd igazolni a teljesülést. A követelmény-mérnökség szabványai különösen fontosnak tartják az egyértelműséget, az ellenőrizhetőséget, a következetességet és a nyomon követhetőséget (ISO/IEC/IEEE, 2018).



3. ábra. Az igénytől az ellenőrizhető követelményig. (A szerzők saját szerkesztése)

5.1. Milyen típusú követelményekre van szükség?

3. táblázat. Követelménytípusok és tervezési szempontok.

Követelménytípus	Mire válaszol?	A koncepciótervben mire figyeljünk?
Funkcionális	Mit kell a rendszernek elvégeznie?	A funkciót írjuk le, ne az alkatrészt.
Teljesítmény	Milyen szinten kell teljesíteni?	Legyen mérőszám, küszöb vagy értékelési mód.
Környezeti	Milyen körülmények között kell működni?	Geometria, víz, fény, felület, hőmérséklet, szennyeződés.
Interfész	Mivel és hogyan kapcsolódik?	Energia-, adat-, mechanikai és kezelői kapcsolatok.
Biztonsági	Milyen veszélyt kell megelőzni?	Áramtalanítás, visszanyerés, hibás állapot kezelése.
Projektkorlát	Milyen erőforráshatárok között készül?	Idő, költség, tudás, eszköz, beszerzés.

5.2. A jó követelmény nem kívánság

A „legyen könnyű”, „legyen megbízható” vagy „készítsen jó térképet” típusú mondatok irányt jeleznek, de még nem alkalmasak tervezési döntésre. A csapatnak azt kell megmondania, milyen mérhető vagy egyértelműen megfigyelhető állapot jelenti a teljesülést. Nem minden követelményhez kell bonyolult számítás; sokszor egy előre meghatározott teszt vagy ellenőrzési eljárás is megfelelő.

4. táblázat. Példák a követelmények ellenőrizhetőbb megfogalmazására.

Túl homályos	Ellenőrizhetőbb megfogalmazás
A robot legyen stabil.	A rendszer a kijelölt pályaszakaszokon felborulás nélkül hajtsa végre a kötelező manővereket.
A kommunikáció legyen jó.	A vezérléshez szükséges parancsok és visszajelzések a meghatározott tesztpontokon megszakítás nélkül legyenek elérhetők, kapcsolatvesztéskor pedig a rendszer lépjen biztonságos állapotba.
A robot gyűjtsön adatot.	A rendszer a kijelölt eseményekhez idő- és helyazonosítóval ellátott adatot rögzítsen a meghatározott formátumban.

5.3. Prioritás és ellenőrzés

A követelmények között különbséget kell tenni. Van, ami a részvételhez vagy a biztonsághoz kötelező; van, ami erősen javítja a teljesítményt; és van olyan extra funkció, amelyet csak akkor érdemes megvalósítani, ha nem veszélyezteti az alapfeladatot. A prioritás célja nem az, hogy a kevésbé fontos elemeket elfelejtsük, hanem hogy a csapat tudja, mit kell először működőképessé tenni.

Már a koncepció szintjén érdemes megnevezni az ellenőrzés módját: szemrevételezés, mérés, pályapróba, számítás, szimuláció vagy dokumentumelemzés. Ha egy követelményhez semmilyen ellenőrzési mód nem rendelhető, valószínűleg még nem elég pontos. A 2024-es életciklus-útmutató hangsúlyozza, hogy a koncepciótól a későbbi igazolásig követhető kapcsolatot kell fenntartani (ISO/IEC/IEEE, 2024).

5.4. A versenydokumentumok mérnöki olvasása

A szabályzat és a pályarajz nem egyszerű adminisztratív melléklet. Ezek a legfontosabb követelményforrások. A cső mérete geometriakorlátot jelent; a futamidő teljesítmény- és

energiaigényt befolyásol; a biztonsági előírások műszaki megoldásokat követelnek; a pontozás pedig megmutatja, milyen teljesítménynek van értéke. A csapatnak minden releváns szabálypontnál fel kell tennie a kérdést: milyen tervezési következménye van ennek?

NE KEVERJÜK ÖSSZE	A szabályzatban szereplő kötelező minimum és a csapat saját fejlesztési ambíciója nem ugyanaz. Előbb a kötelező feladat legyen megbízható, és csak utána érdemes további funkciókat vállalni.

6. Mit tartalmaz egy robotkoncepció?

A koncepció még nem részletes gyártási terv, de több egyszerű ötletvázlatnál. Azt mutatja meg, hogyan fog a teljes rendszer működni, mely fő funkciókat milyen alrendszerek valósítják meg, és hogyan kapcsolódnak egymáshoz. A rendszertervezési szemlélet azért hasznos, mert a robot nem különálló alkatrészek halmaza: a mechanika, az energiaellátás, az érzékelés, a vezérlés, a kommunikáció, az adatkezelés és a kezelő együtt alkot működő rendszert (INCOSE, 2023).

A koncepció fő elemei általában a következők: a küldetés és a működési forgatókönyv; a mozgási és mechanikai működés elve; az energiaellátás; az érzékelés és az adatgyűjtés; a vezérlés és az autonómia szintje; a kommunikáció; a biztonság és a visszanyerhetőség; valamint az alrendszerek közötti interfészek. Ezeket még nem feltétlenül cikkszámokkal kell leírni. A koncepció szintjén az a fontos, hogy a szerepek és a kapcsolatok érthetők legyenek.

6.1. Funkciók előbb, alkatrészek később

Hasznos, ha a csapat a feladatot először igékre bontja: haladni, irányt változtatni, akadályt érzékelni, helyzetet becsülni, adatot gyűjteni, rögzíteni, továbbítani, energiát biztosítani, védeni és hiba esetén biztonságos állapotba kerülni. Ezután lehet megvizsgálni, milyen műszaki elv vagy alrendszer képes az egyes funkciók ellátására.

A funkcionális bontás segít az interfészek felismerésében is. Ha például egy döntéshez szenzoradat kell, akkor meg kell tervezni az adat útját az érzékelőtől a feldolgozáson át a beavatkozásig. Ha egy egység energiaigénye nő, annak hatása lehet az akkumulátorra, a tömegre, a hőtermelésre és a futamidőre. A koncepció értéke éppen abban áll, hogy ezeket az összefüggéseket már a részletes tervezés előtt láthatóvá teszi.

6.2. Távvezérelt, részben autonóm vagy autonóm?

Az autonómia nem önmagában cél, hanem tervezési döntés. A magasabb autonómiaszint több érzékelést, helyzetértékelést, döntési logikát és hibakezelést igényel, miközben csökkentheti a folyamatos emberi beavatkozás szükségességét. A távvezérlés egyszerűbb lehet, de kommunikációs és kezelői függőséget hoz létre. A részben autonóm megoldás a két megközelítés között helyezkedik el. A megfelelő szintet a feladat, a környezet, a szabályok és a csapat erőforrásai alapján kell megválasztani.

A koncepciótervben nem elegendő azt írni, hogy a robot autonóm. Meg kell nevezni, mely döntéseket hozza meg önállóan, milyen adatok alapján, milyen helyzetekben kér vagy fogad emberi beavatkozást, és mi történik bizonytalan vagy hibás érzékelés esetén.

7. Több koncepció, jobb döntés

Egy mérnöki feladatra rendszerint több elfogadható koncepció adható. A 2024-es kutatások is kiemelik, hogy a koncepciószintű döntés hosszú távú következményekkel jár, ezért érdemes több eltérő megoldási irányt vizsgálni, mielőtt a csapat jelentős időt és pénzt költ egyetlen változatra (Kenny et al., 2024).

Az alternatívák nem attól különböznek, hogy más márkájú alkatrészt használnak. Érdemben eltérő koncepcióról akkor beszélünk, ha más módon szervezi a fő funkciókat, más kompromisszumot vállal, vagy más kockázatot kezel jól. A csapat tagjai először egyénileg is gondolkodhatnak, majd közösen rendezhetik a javaslatokat. Ez csökkenti annak esélyét, hogy az első határozott ötlet mindenkit ugyanabba az irányba tereljen.



4. ábra. A koncepcióválasztás három alapvető kérdése. (A szerzők saját szerkesztése)

7.1. Hogyan hasonlítsuk össze őket?

A kötelező műszaki vagy biztonsági követelményt nem teljesítő koncepció csak megfelelő átdolgozás után választható. A kötelező feltétel megsértését más szempontok magas pontszáma nem ellensúlyozhatja.

Az összehasonlítás szempontjai a követelményekből következzenek. Ilyen lehet a környezethez való illeszkedés, az adatminőség, a megbízhatóság, az energiaigény, a biztonság, a megépíthetőség, a beszerzési kockázat és a tesztelhetőség. A döntési mátrix hasznos lehet, de nem helyettesíti a szakmai indoklást. (A döntési mátrix olyan táblázatos módszer, amely a megadott szempontok és értékelések alapján teszi átláthatóvá a koncepciók összehasonlítását.) A számok célja az átláthatóság, nem az, hogy egy táblázat „automatikusan” döntsön.

Minden értékelés mellett röviden meg kell nevezni, mire épül. Mért adat, gyártói adatlap, korábbi próba, számítás vagy puszta feltételezés? Ha a sorrend egyetlen pontszám vagy súly kis módosítására megfordul, a döntés érzékeny. Ilyenkor a legjobb következő lépés nem egy hosszabb vita, hanem célzott információgyűjtés vagy gyors kísérlet.

JÓ DÖNTÉSI INDOKLÁS	Nem azt mondja, hogy „ez kapta a legtöbb pontot”, hanem azt, hogy mely követelmények miatt került előnybe, milyen kompromisszumokat vállal, és mely bizonytalanságokat kell még tesztelni.

8. Kockázatok és korai bizonyítékok

A kockázat olyan bizonytalan esemény vagy körülmény, amely bekövetkezve veszélyezteti a célt. A koncepciótervben a kockázatok feltárása nem gyengeség. Éppen ellenkezőleg: azt mutatja, hogy a csapat reálisan látja a megvalósítás nehézségeit.

Tipikus kockázati területek a mozgásképesség, a tapadás, az energiaellátás, a kommunikáció, az érzékelés pontossága, a víz és szennyeződés elleni védelem, az integráció, a beszerzés és az időbeosztás. Minden fontos kockázatnál érdemes megnevezni az okot, a lehetséges következményt, a valószínűséget, a hatást, a megelőző intézkedést és a tartalékmegoldást. A megelőző intézkedés csökkenti a bekövetkezés esélyét vagy hatását. A tartalékmegoldás azt mondja meg, mi történik, ha a kockázat mégis valósággá válik.

A fejlesztés elején nem feltétlenül a leglátványosabb részt érdemes megépíteni. Inkább azt a feltételezést kell korán ellenőrizni, amelynek tévedése a teljes koncepciót veszélyezteti. Ha például a kommunikáció elérhetősége bizonytalan, egy egyszerű hatótáv- és árnyékolási próba többet érhet, mint egy kész burkolat. Ha a tapadás kritikus, előbb egy kis próbaállványon érdemes mérni, mint a teljes robot megépítése után újratervezni.

9. Hogyan legyen igazán jó a koncepcióterv?

A koncepcióterv feladata, hogy egy külső olvasó – például a zsűri – a csapat megbeszélései nélkül is megértse a döntések útját. A dokumentum ne a kész robot ”reklámja” legyen, és ne is alkatrészjegyzék. A jó terv logikusan vezeti végig az olvasót a problémától a választott megközelítésig, és minden fontos döntésnél megmutatja az indokot.



5. ábra. A koncepcióterv javasolt logikai felépítése. (A szerzők saját szerkesztése)

9.1. Javasolt felépítés

5. táblázat. A koncepcióterv javasolt felépítése és tartalma.

Fejezet	Mit vár az olvasó?
1. Probléma és szakmai háttér	Miért fontos a feladat, és milyen valós problémához kapcsolódik?
2. Küldetés, környezet és rendszerhatár	Mit kell elvégezni, hol, kinek, milyen kezdeti és végállapot között?
3. Követelmények és korlátok	Milyen kötelező, mérhető és ellenőrizhető elvárások vezetik a tervezést?
4. Vizsgált koncepciók	Milyen érdemben eltérő megközelítéseket mérlegelt a csapat?

5. Választott rendszerkoncepció	Hogyan működik a teljes rendszer, és hogyan kapcsolódnak a fő alrendszerek?
6. Mechanikai és elektromos alapok	A váz, anyagok, haladási elv, energiaellátás és elektromos rendszer koncepcionális leírása.
7. Vezérlés, kommunikáció és adatok	Hogyan irányítható a rendszer, milyen adatot továbbít és rögzít?
8. Kockázatok és első tesztek	Mit kell legkorábban igazolni, és mi a tartalékterv?
9. Fejlesztési irány és csapatszerepek	Mi lesz a következő lépés, és ki mely területért felel?
10. Források és mellékletek	Mire támaszkodnak az állítások, számítások és műszaki adatok?

A hatályos versenyszabályzat külön is kéri a robot vázának, a felhasznált anyagoknak, a haladási mechanizmusnak, az elektromos rendszernek, az esetleges egyedi áramköröknek, valamint a robot és az irányítóközpont közötti kommunikációnak a bemutatását. Ezeket olyan részletességgel kell kidolgozni, hogy a működés és a megvalósíthatóság érthető legyen, de nem szükséges úgy tenni, mintha már minden gyártási részlet végleges lenne (UNEXMIN Georobotics Kft., 2026b).

A koncepcióterv elkészítéséhez a verseny honlapjáról letölthető dokumentációs sablon használata kötelező; az elvárt tartalmi rész legalább öt A4-es oldal. Egyedileg tervezett áramkörök esetén a kapcsolási rajzot és az áramköri tervet is kérjük bemutatni (UNEXMIN Georobotics Kft., 2026b, 4.2.3. és 4.2.5. pont).

9.2. Mitől lesz szakmailag meggyőző?

1. Minden fontos döntés visszaköthető legalább egy követelményhez vagy kockázathoz.
2. A tények, a feltételezések és a még nyitott kérdések elkülönülnek.
3. A csapat nemcsak a választott koncepció előnyeit, hanem a vállalt kompromisszumokat is megnevezi.
4. Az ábrák és blokkdiagramok segítenek megérteni a működést és az interfészeket.
5. A fizikai mennyiségek mellett legyen mértékegység, a műszaki adatok és becslések mellett pedig forrás vagy számítási alap.
6. A koncepcióterv nyelve tárgyszerű, de olvasható.
7. A dokumentum végén világos, mit kell a csapatnak a fejlesztés első heteiben kipróbálnia.

10. Tíz kérdés beadás előtt

Az alábbi kérdések nem újabb kitöltendő munkalapot jelentenek. Egy rövid csapatmegbeszéléshez adnak kapaszkodót. Ha valamelyikre nincs közös válasz, érdemes visszatérni az adott fejezethez.

1. Egy mondatban, alkatrésznév nélkül meg tudjuk fogalmazni a problémát?

2. Ugyanazt értjük a robot küldetésén és a siker feltételein?

3. A működési környezetet tényekkel, nem általános jelzőkkel írtuk le?

4. Elkülönítettük a tényeket, a feltételezéseket és a nyitott kérdéseket?

5. Minden kötelező funkcióhoz tartozik ellenőrizhető követelmény?

6. A szabályzat és a pályadokumentáció minden fontos pontjának látszik a tervezési következménye?

7. Vizsgáltunk egymástól valóban eltérő koncepciókat?

8. A választott koncepciót nemcsak pontszámmal, hanem műszaki érvekkel is indokoltuk?

9. Megneveztük a legnagyobb kockázatokat és a legkorábbi szükséges próbákat?

10. A dokumentumot olyan ember is megérti, aki nem volt jelen a csapat megbeszélésein?

11. Összegzés

A mérnöki koncepció akkor erős, ha nem egy technológiából, hanem a feladatból indul ki. A csapat először megérti a problémát és a környezetet, majd meghatározza a küldetést, az ellenőrizhető követelményeket és a rendszerhatárt. Ezután több lehetséges irányt vet össze, tudatosan vállalja a kompromisszumokat, és korán teszteli a legnagyobb bizonytalanságokat. Ebből születik olyan koncepcióterv, amely nemcsak azt mutatja meg, mit szeretne a csapat építeni, hanem azt is, miért éppen azt.

12. Irodalomjegyzék

EurEau. (2026)– Europe’s Water in Figures, 2026 Edition, 24., 28–30. oldal. https://eureau.org/wp-content/uploads/2026/06/FINAL_Europes-Water-in-Figures-Report-2026.pdf

European Commission. (2025). Robotics and AI for Sewer Pipe Inspection and Maintenance (PIPEON), Grant Agreement No. 101189847. CORDIS. https://cordis.europa.eu/project/id/101189847

European Parliament and Council. (2024). Directive (EU) 2024/3019 of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast). Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/3019/oj/eng

Halder, S., & Afsari, K. (2023). Robots in inspection and monitoring of buildings and infrastructure: A systematic review. Applied Sciences, 13(4), 2304. https://doi.org/10.3390/app13042304

INCOSE. (2023). Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities (5th ed.). Wiley.

ISO/IEC/IEEE. (2018). ISO/IEC/IEEE 29148:2018 Systems and software engineering—Life cycle processes—Requirements engineering.

ISO/IEC/IEEE. (2023). ISO/IEC/IEEE 15288:2023 Systems and software engineering—System life cycle processes.

ISO/IEC/IEEE. (2024). ISO/IEC/IEEE 24748-2:2024 Systems and software engineering—Life cycle management—Part 2: Guidelines for the application of ISO/IEC/IEEE 15288.

Kahnamouei, J. T., & Moallem, M. (2023). A comprehensive review of in-pipe robots. Ocean Engineering, 277, 114260. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114260

Kenny, A., Ray, T., & Singh, H. (2024). A framework for design optimization across multiple concepts. Scientific Reports, 14, 7858. https://doi.org/10.1038/s41598-024-57468-2

Narayanan, S., & Murthy, S. (2023). Flare-fork collaborative strategy: Expanding design space via opportunistic ideation in engineering product design. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 18, 3. https://doi.org/10.58459/rptel.2023.18003

PIPEON. (2025). PIPEON at a glance: The project. https://pipeon.eu/the-project/

Svihla, V., Gomez, J. R., & Crudo, M. A. (2023). Supporting agency over framing authentic design problems. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 17(1). https://doi.org/10.14434/ijpbl.v17i1.33915

UNEXMIN Georobotics Kft. (2026a). AquaRobotX – robotika a fenntartható vízgazdálkodásban: projektterv [belső dokumentum].

UNEXMIN Georobotics Kft. (2026b). AquaRobotX versenyszabályzat, 1.2 verzió.

https://aquarobotx.hu/#dokumentumok