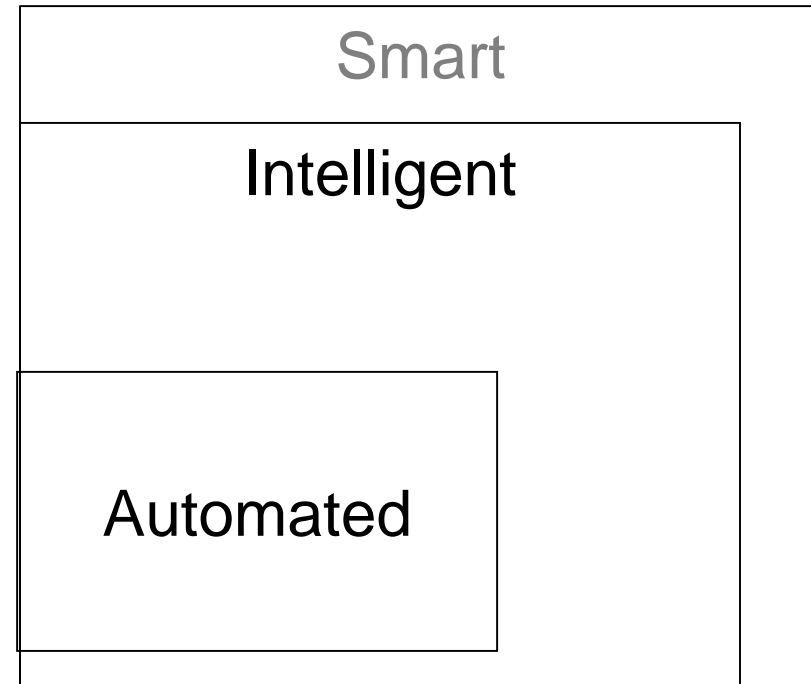
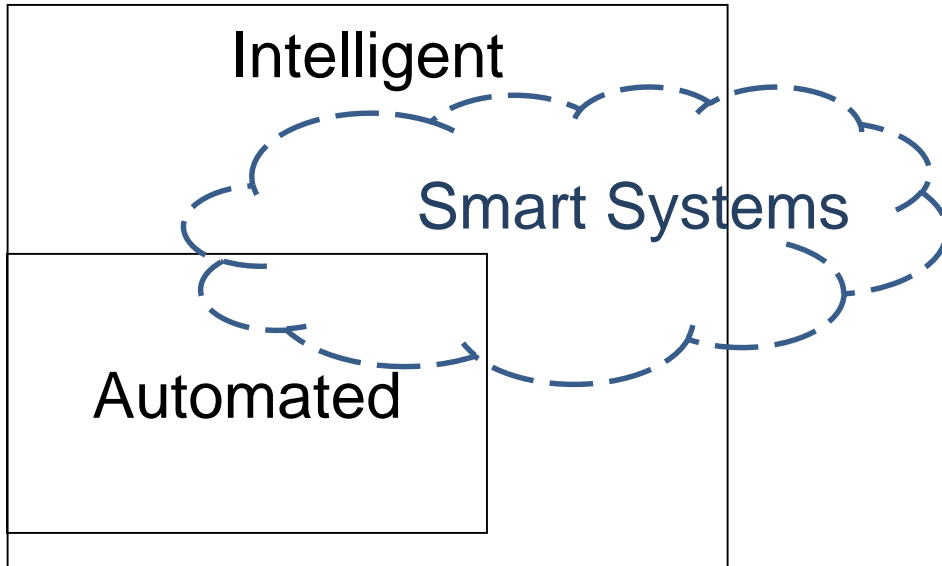


Terminid

- Intelligent building – Arukas | Tark | Intelligentne hoone
- Smart house – Tark maja
- (Automatiseeritud hoone)

Internet of Things;
Connected Home



Arukuse definitsioon

Võib leida üle 30 hoonetega seotud intelligentsuse definitsiooni. Need sisaldavad:

- Integreerib mitmeid süsteeme
- Ressursside efektiivne koordineeritud haldamine
- Suurim tehniline jõudlus, maksimaalne kasum investeringutelt, vähimad (optimeeritud) kasutuskulud
- Kohanemisvõimeline, adapteerub kasutaja vajadustele
- Parandab elu- ja töötingimusi; heaolu
- Keskkonna muutusi arvestav, jätkusuutlik

US, EU, Aasia

- The Intelligent Building Institute of the United States defines an intelligent building as 'one which provides a productive and cost-effective environment through optimization of its four basic elements including structures, systems, services and management and the interrelationships between them' (1986)
- European Intelligent Building Group defined an intelligent building as 'one that creates an environment which maximizes the effectiveness of the building's occupants, while at the same time enabling efficient management of resources with minimum life-time cost of hardware and facilities (1998)
- Definition of IB for Asia: an intelligent building is designed and constructed based on an appropriate selection of quality environment modules to meet users' requirements by matching the appropriate building facilities to achieve long-termed building value (new 1999)

CABA (Continental Automated Buildings Association) <http://www.caba.org>

AiIB (Asian Institute of Intelligent Building) <http://www.aiib.net>

Veel mõned sõnastused

D.Boyd:

Intelligentne hoone loob maksimaalselt efektiivse tegutsemise keskkonna valdajatele, samal ajal võimaldades ressurside efektiivset haldamist minimaalsete kuludega.

Carter Myers:

Intelligentne hoone on automatiseeritud ja integreeritud tööriist, mis võimaldab olla produktiivsem ja efektiivsem.

Intelligentne hoone on võimeline kohanema muutuvate tingimustega võimaldades ressurside efektiivsemat kasutamist ja parandades valdajate elu- ja töötingimusi

CABA, "Intelligent Building"

A building that uses both technology and process to create an environment that is safe, healthy, and comfortable, and enables productivity and well-being for its occupants. ..provides system information for its owners so that they may make intelligent decisions regarding its operation and maintenance. ..has an implicit logic that effectively evolves with changing user requirements and technology, ensuring continued and improved intelligent operation, maintenance and optimization. It

Arukuse hindamise aspektid

- 1) Keskkonnasäästlikkus: energia ja tervise sääst
- 2) Ruumikasutus ja –paindlikkus
- 3) Hinnasäästlikkus: kasutuskulud, hooldus
- 4) Heaolu (mugavus, sisekliima)
- 5) Töökeskkonna efektiivsus
- 6) Ohutuse ja turvamõõde: tule- ja õnnetusoht
- 7) Kultuuriline (privaatsus, interjöö, vaated)
- 8) Kõrgtehnoloogia (bürooautom. jpm)
- 9) Ehitusprotsess ja materjalid

AIB: Intelligent Building Index (IBI v4, 2010) v1, 2001

CABA Tool: Building Intelligence Quotient (BiQ)

Smart Buildings Institute certification

<https://youtu.be/pXmt31tENP8>

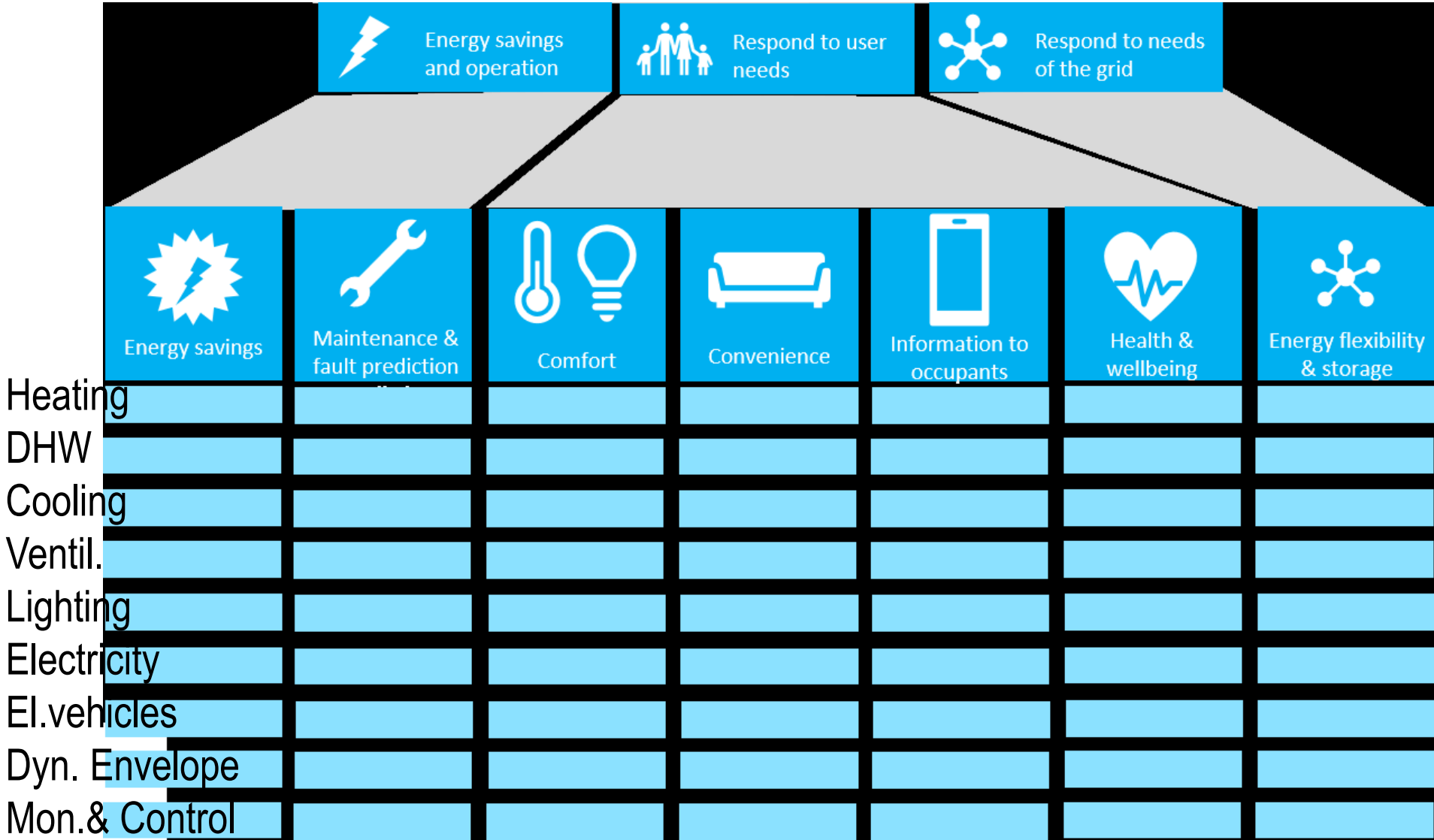
Hoonete arukuse hindamine EU-s

The European Commission has started (02.2017) the development of a **Smart Readiness Indicator (SRI)** for buildings.
(to be adopted by the end of 2019)

<https://smartreadinessindicator.eu/>

“Smartness of a building refers to the ability of a building or its systems to sense, interpret, communicate and actively respond in an efficient manner to changing conditions in relation to the operation of technical building systems or the external environment (including energy grids) and to demands from building occupants.”¹

Smart Readiness Indicator



EU Smart Readiness Indicator (SRI)

Peaks suurendama teadlikkust arukate tehnoloogiate ja IKT kasulikkuse kohta (energiatõhususe vaates peamiselt). Peaks motiveerima kasutajaid investeerima nendesse tehnoloogiatesse.








Impacts [%]: energy savings, flexibility towards the energy grid and storage, self generation, comfort improvements, convenience, wellbeing & health, maintenance & fault prediction, information to occupants.

Domains: heating, cooling, DHW, ventilation, lighting, DBE, renewable, demand Side management, electric vehicle charging, monitoring and control, (+ future addition)

Domain services

“Smart ready services” catalogue: 52 (112*)

□ - service functionality level (score #)

| service A |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Functionality 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Functionality 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 |
| Functionality 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 3 | 2 |
| Functionality 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 | 0 | 3 | 3 |

A multi-criteria assessment method w weightings (+normalisation).


IB Research aspects

- Advanced and innovative intelligent technologies research

- Performance evaluation methodologies

Smart Grid object modelling for the building side is available as standard ISO 17800

- Investment evaluation analysis

 Spreadsheet with LCCs: a database for benchmarking actual NZEB life-cycle costs of the case studies. Buildup.eu 2018 (ISO 15686-5)

 CABA „Life Cycle Costing of Intelligent Buildings, Landmark research study“ 2013

Kirjandus

1. Litiu, A. Brook, B. Corgnati, S. D'Oca, S. Fabi, V. Keel, M. Kranz, H. Kurnitski, J. Schoenenberger, P. Ullmann, R. *REHVA Guidebook No. 22 - Introduction to Building Automation, Controls and Technical Building Management*. REHVA 2017.

*<https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpREHVAGI1/rehva-guidebook-no-22>

Chp. 6. *Integrated System Approach*. Chp. 9. *Making Buildings Smart*

2. CIBSE Guide H - *Building Control Systems*. 2009

TTÜ e-raamatud kogus*: <http://app.knovel.com/web/toc.v/cid:kpCIBSEGH1>

3. *Smart Building Systems for Architects, Owners, and Builders*. Elsevier 2010. (2016)

*<https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSBSAQB01/smart-building-systems>

4. *Building Automation, Communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet*. Springer 2009.

5. *ASHRAE GreenGuide - Design, Construction, and Operation of Sustainable Buildings* (5th Edition). 2018. Chp. 13 *Smart Building Systems*

*<https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpASHRAEO8/ashrae-greenguide-design>

- #. *Securing Critical Infrastructures and Critical Control Systems - Approaches for Threat Protection*. IGI Global. 2013. Chp.1 *Security Threats and Risks of Intelligent Building Systems* *<https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpSCICCSA1/securing-critical-infrastructures>

Täiendavalt ja kokkuvõtvalt:

Aruka Hoone ...

- konstruktsiooni projekteerimisel on valitud materjalid, mis kergendavad hoone ehitamist ning valmimist.
- ... projekteerimisel hoonesse sisseehitatud paindlikkus võimaldab kergelt teostada muutusi siseruumis ja selle tingimustes – sisekliima juhtimine, äriprotsessides toimuvate muudatuste hõlbustamine jms. *(responsive structures)*
- on Infotehnoloogiast ja automaatikast lähtudes võime probleemideta kohaneda nendes valdkondades toimuvate muutustega.
- Lähtudes väliskeskkonda puudutavatest teguritest, madal energiatarve ning madal keskkonna reostuse tase.
- Suur kohandumisvõime uutes tingimustes, kaasa arvatud hõlbus lammutamine tema eluea lõpus.
- Kõigi eelnevalt kirjeldatud punktide majanduslik tulusus hoone kogu eluea vältel

Tarkhoone lahenduste ajalugu

... 80-ndatel muutus DCC võrk hoone automaatika alustalaks

- 1980 rajati esimesed kõrgtehnoloogiat kasutavad hooned
- 1982 AT&T intelligentse hoone (Intelligent Building) mõiste
- 1982 NAHB alustas targa kodu (Smart Home) kontseptsiooni arendamist
- 1984 käivitus esimene õnnestunud projekt - "The Teleport"
- 1986 toimus Lundis seminar, kus käsitleti esmakordselt laiemalt tarkhoonega seotud probleeme ja esile toodi:
 - ebapiisav inimene-masin keskkond
 - vähesed teadmised
 - puudulikud standardid
- 1990 Echelon Inc. LonWorks
- 1995 ASHRAE BACNet
- 1998 nõudlus kiire side- ja arvutivõrgu järele

nihe hoone kasutaja vajaduste rõhutamiseks

- 2005 iseõppimisvõime tähtsustumine (nt AI)
- 201# interaktsiooni ja proaktiivsuse suurenemine

Hoonelahenduste evolutsioon

... - 1980 Üksikud seadmed

1980 – 1985 Eraldi süsteemid (turva, läbipääsukontroll, küte, side, ventilatsioon ja õhu konditsioneerimine, ...)

1985 – 1990 Multifunktsionaalsed süsteemid (turva- ja läbipääsusüsteemid, küte, ventilatsiooni ja õhukonditsioneerimissüsteem,...)

1990 – 1995 Integreeritud süsteemid (hooneautom.süsteem, integreeritud kommunikatsioonisüsteemid, ...)

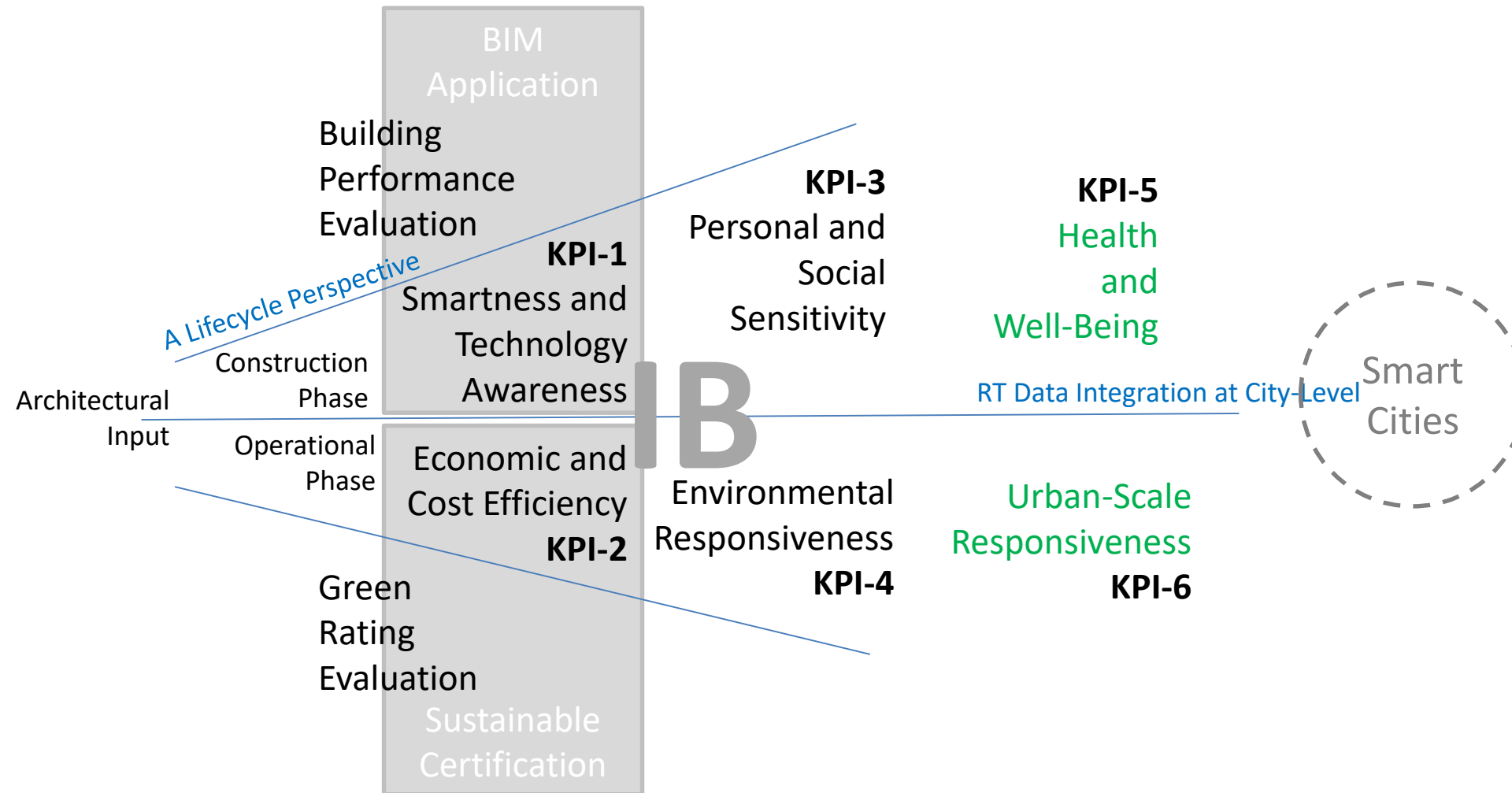
1995 – 2002 IT-põhine Integreeritud hoone, kaugpöördus läbi Interneti

2002 - ... Hoone piire ületav integreerumine ärimudeliga

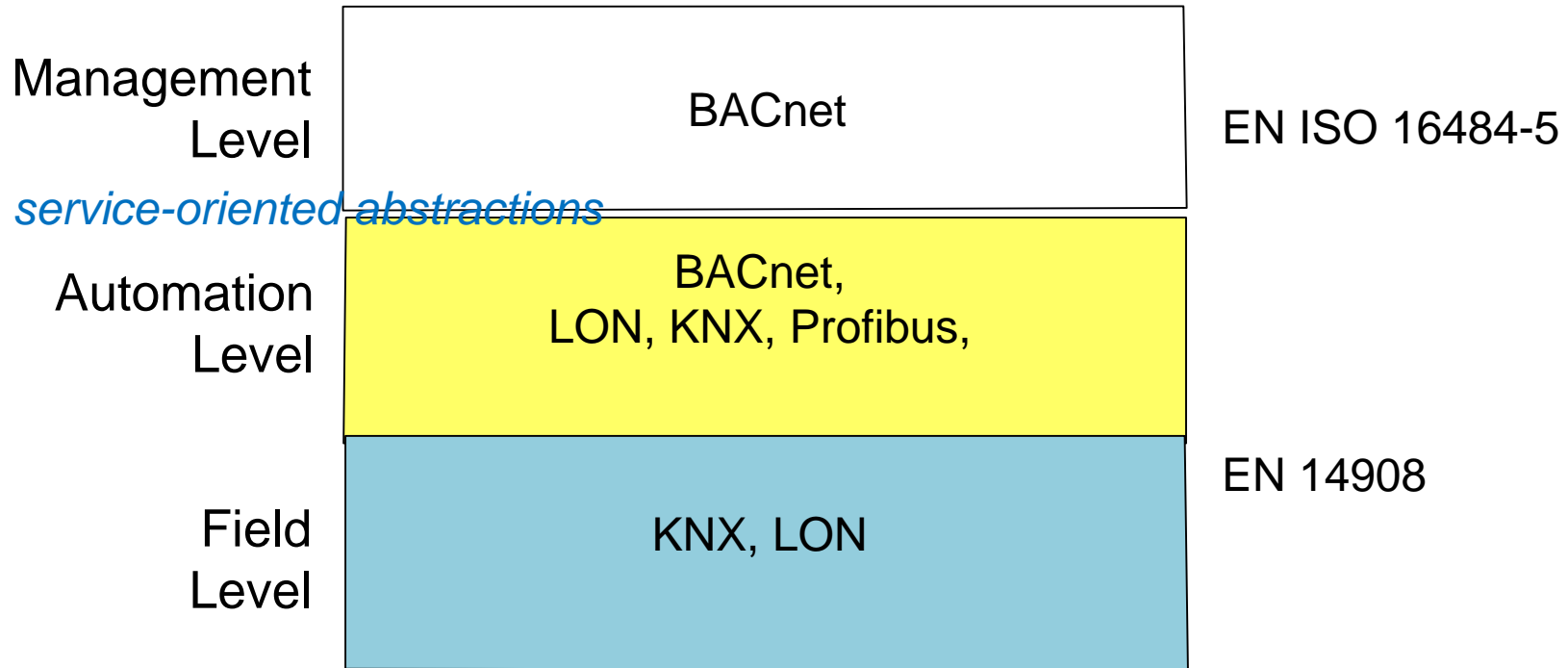
2010+ BIM, energiatõhususe prioriteet, ökoloogiline jätkusuutlikkus

2015+ ZEB, AI,

Key Performance Indicators for IB



Standardiseerimine Euroopas



EN ISO 16484-5 Data Communication Protocol (BACnet)

EN 50090 Home and Building Electronic System (KNX)

EN 14908 Control Network Protocol (CNP) (LonWorks)

ISO/IEC 14543-3 (2006) Home & Building Control (KNX)

EN 50491 General requirements for HBES and BACS



Süsteemid ja nende funkts. arukas hoones

VALGUSTUS

Üld- ja kohtvalgustuse hõiveandurite ja programmi järgi sisse- ja väljalülitamine (+*soft-start*, *dimmers**).

Valgustatuse muutmine valgustundlike klaasidega või aknakatetega*.
Personaalsed seadistused oma töökohal (nt. arvuti või telefoni kaudu).
Tsentraliseeritud haldus.

Automaatsed säästurežiimid (kokkuhoiuks ja eluea pikendamiseks).

HVAC (*Heating Ventilating and Air Conditioning*)

Hooneautomaatikasüsteemid, mis

- lubavad ümberseadistada ruumide termorežiime ettenähtud piirides
- jälgivad ja juhivad ruumitemperatuuri sõltuvalt määratud režiimidele
- sätivad siseõhu kvaliteeti sõltuvalt kasutusest ja ruuminõuetest*
- juhivad sisekliimat (niiskus, temp, õhuvahetus)
- kasutavad erinevaid õhujaotuse lahendusi.

<http://www.rehva.eu/> HVAC Dictionary

VEE ja ELEKTRIVARUSTUS

tarbimise jälgimine, piiramine

DHW (*Domestic Hot Water*)

* A klass

Süsteemid ja nende funkt. arukas hoones (2)

VERTIKAALTRANSPORT

Liftid, eskalaatorid, keerukad grupitöö režiimid



SIDESÜSTEEMID e. Telekommunikatsioon

Telefoniside (keskjaamad), videoedastus, andmeside, kaugjuurdepääs, univers. kaabeldussüsteemid, jms. Oluline lihtsalt ja tsentraalselt muudetavus.

PERSONALI ja RUUMI(AJA)JAOTUS (INFO)SÜSTEEM

e. Hoone ressursihaldus (maksustamine) ja rahvastatus (tööaja kontroll jms.).

HOONE SEISUKORRA aut. MONITOORING

Koormustingimuste muutused (nt. lumi, jää katustel), niiskusrežiimide halvenemine, elektrivarustuse ülekoormused ja rikkevoolud, vibratsioon, mehaaniliste konstruktsioonide kulumine, lekete avastamine jms. (+Hooldustööde planeerimine)
Loob kiirema tõrkeavastamise ja parema tõrketaluvuse.

muud MUGAVUST TAGAVAD LAHENDUSED; meedia, infoteenused,

BEMS - Building Energy Management System

BEMS - arvutijuhtimisel süsteem, mis üritab hallata/juhtida kõiki või paljusid energiatarbimise funktsioone hoones (mõõtmine, analüüs, haldus).

EN 16001:2009, ISO 50001:2018

BEMS funktsionaalsus on toetatud paljudes hooneautomaatika vahendites ja sulandub kaasaegsesse hooneautomaatika süsteemi.

BEMS võib kombineerida mitmeid tehnoloogiaid:

- täiuslikumad HVAC lahendused (nt. säästurežiimide õigeaegne lülitamine, ressursside tagamine täpselt vastavalt vajadusele, optimeerimine, tippkoormuse (*peak*) piiramine, tõhususe ennustamine jms.)
- päevavalguse kasutamine ja edasisuunamine hoone sisemusse,
- vähese elektritarbega seadmed, <https://youtu.be/BSEVoFi9MpQ>
- efektiivsed ja juhitavad aknad, päikesevarjude juhtimine, *smart facades*
- loomuliku ventilatsiooni ja jahutamise kasutamine
- passiivküte,
- kasutajate käitumise suunamine teadlikkuse suurendamise abiga

Maksimaalne efektiivsus ja madalaimad käidukulud üritatakse saada energia ja soojakadude automaatse minimiseerimisega ning erinevatest allikatest (el., akud, gaas, õli, päikeseenergia,...) soodsama valikuga (tagades samas nõutud sisekliima).



Ohutus- ja turvasüsteemid

I) Läbipääsusüsteemid (*Access s.*)

Keskpuldid, ID lugejad, koodlukud, fonolukud, av. ukсед, väravad, garaažiuksed, distantsjuhtimine, parklad (tasuarvestus),
← küllastajatehaldus (aut. suunamine), RFID jms

II) Valvesüsteemid (*Security s.*)

Valvekeskused, tsoonid, raadio- ja siinimoodulid (puldid-klaviatuurid, andurid (PIR, heli, kontakt), videovalve, juhtmevaba, veebiliides, häirerobotid, lapsemonitor, sireenid, jpm.

III) Ohutussüsteemid (*Safety Systems*); Tuleohutussüsteemid

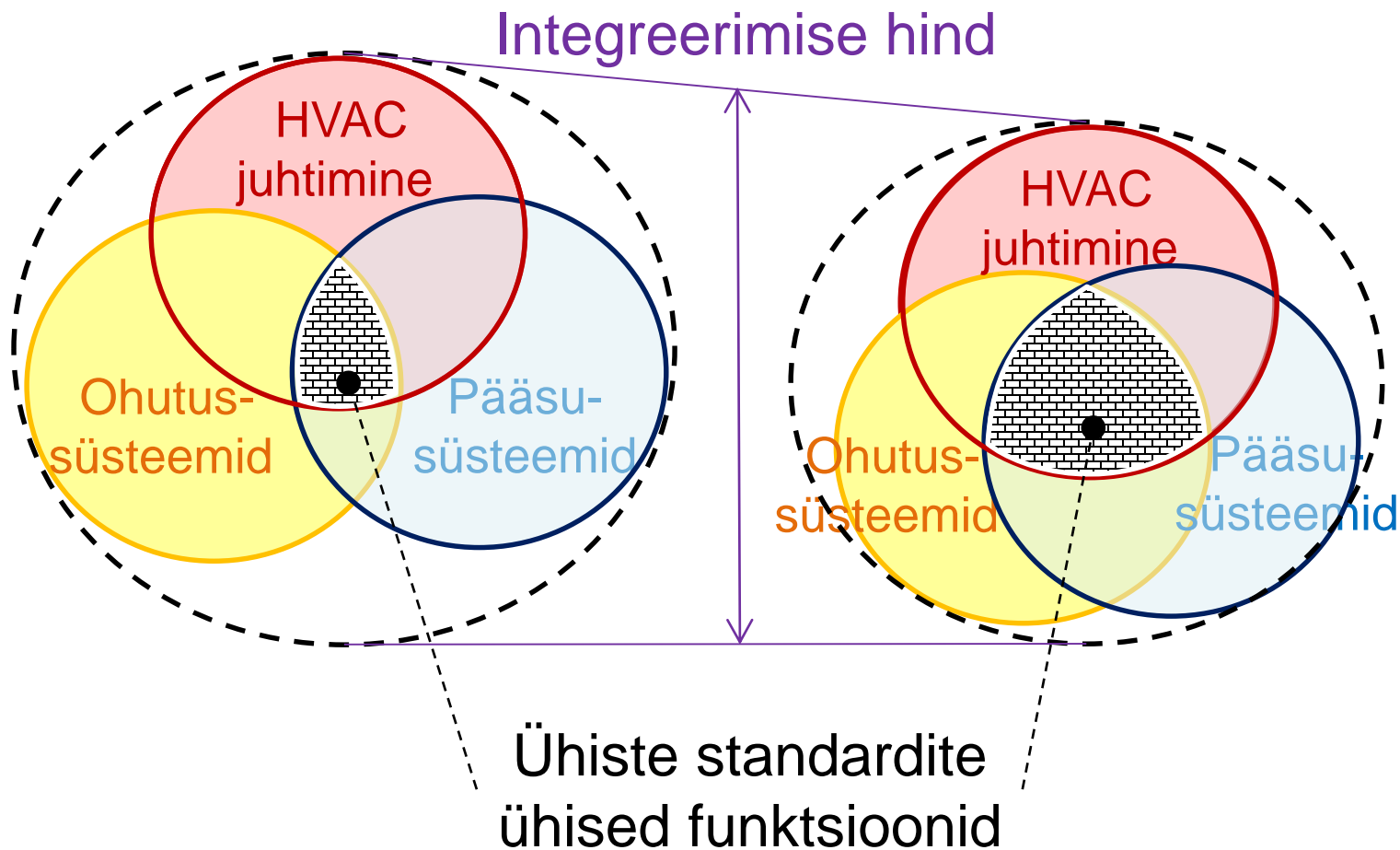
Valvekeskused, tsoonid, (suitsu, temp, CO₂) andurid, automaatkustutus, tulekaitseuksed, varuväljapääsud, suitsuväljatõmme, audio- ja mobiilteated (MNS – *mass notification system*) jms.



+ Elektrivarustuse avariisüsteemid

+ Lekete avariisüsteemid

Süsteemide integreerimise kasu



Nt. Alarmide haldus, Ajakavad, Trendid, Ajaloo salvestamine, jms

Arukate hoonete süsteemide koostöö

Süsteemide omavaheline **integreeritus** on hädavajalik aruka hoone kontseptsiooni täitmiseks.

Mõned koostalitluse näited:

Hoone seisukorra hindamiseks saab kasutada paljude erinevate süsteemide andurite hinnatud parameetreid.

Rahvastatuse hinnanguid saab kasutatakse valgustuse, HVAC ja vertikaaltranspordi režiimide jooksval valikul.

Tsentraalne jälgimissüsteem vajab infot kõikidest süsteemidest.

Häireolukordades tuleb muuta mitmete alamsüsteemide töörežiime; nt. tulekahju korral vent.kanalite sulgemine, varuväljapääsude avamine, liftide õige peatamine jms.

Selline koostöö vajab kõikjale ulatuvat ja usaldusväärset andmeside infrastruktuuri.

PROBLEEMID süsteemide ühtsesse võrku integreerimisel:

- erinevad andmeteesituse standardid ja protokollid
- koostalitlusvõimelisus sõltub ühtsete konventsioonide kasutuselevõtust
- hajutatud seadmete töövõime probleemid, kui ühtne struktureeritud magistraalvõrk tõrgub.

Süsteemide “integreerimise tehnoloogiad”

Süsteemide omavahelise integreerimise lahendused:

A) Tootja laiendab oma lahenduste valikut nii, et see haaraks paljude süsteemide funktsionaalsust (nt. hooneautomaatika süsteem või turvasüsteem jälgib ja täidab teatud teiste süsteemide funktsioone). Kipub olema Tootja ajaloolise spetsialiteedi kallakuga.



B) Lähenemine, kus luuakse erinevate süsteemide integreerimise tarkvaralahendus, mis saab aru ja tõlgib alamsüsteemide erinevaid andmevahetus vorme.

Töökindlus võib kannatada, kui alamsüsteeme muudetakse.

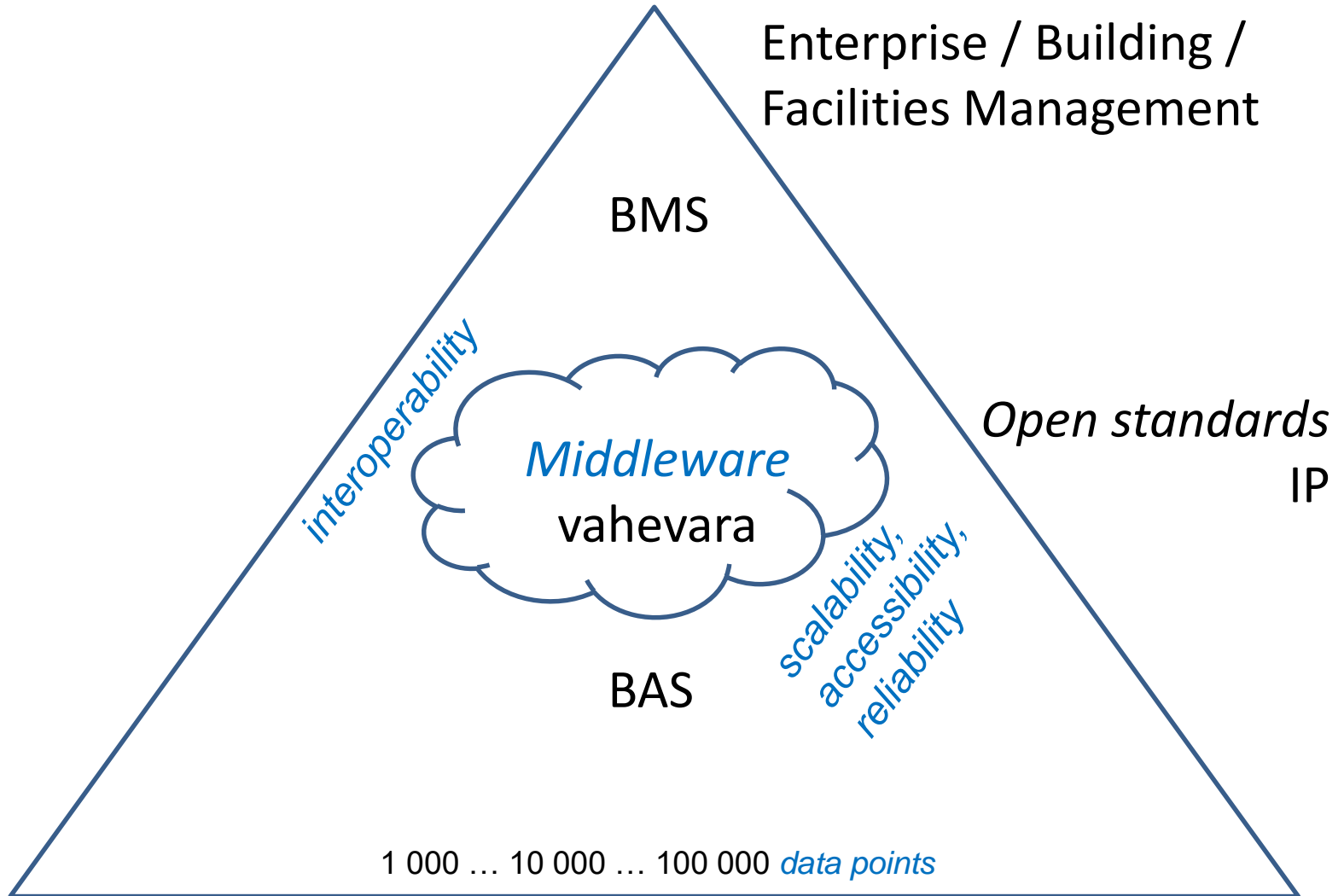


Eeldades kõikidelt süsteemidelt standardiseeritud andmesidet ja –esitust paljude laiapõhjaliste enamlevinud standardite valikust, on selliste omadustega süsteemide sidumise tarkvaraline raamistik paindlik uuenduste suhtes.

https://youtu.be/iwuBZTyagig?list=PLA-JvLnM8OPweGMVPF4aM2adh_TJ8GxVE

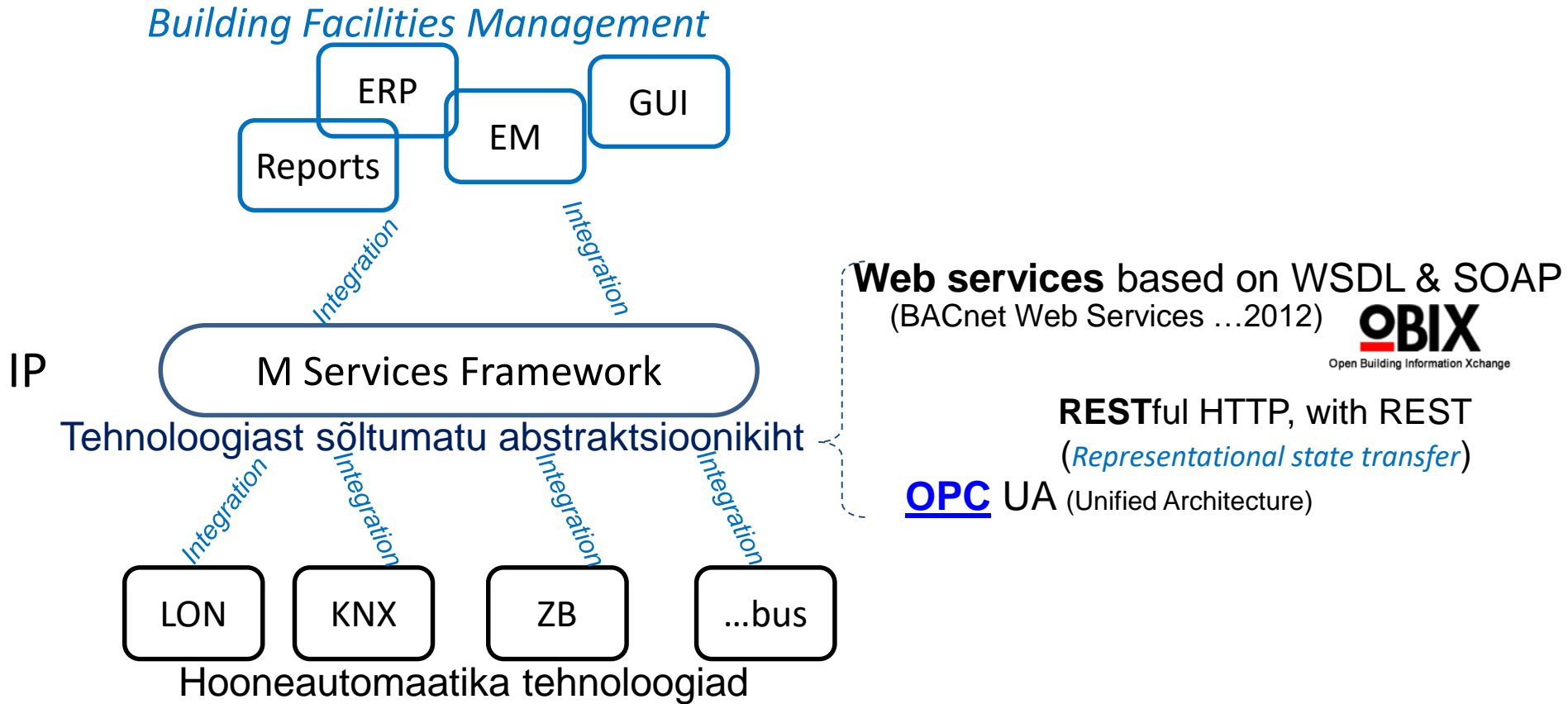


Integreerimine, vahevara



Management Service Frameworks

Service Oriented Architecture (SOA) – vaba ühenduvus erinevate interaktsioonis olevate tarkvaraliste komponentide (agentide) vahel



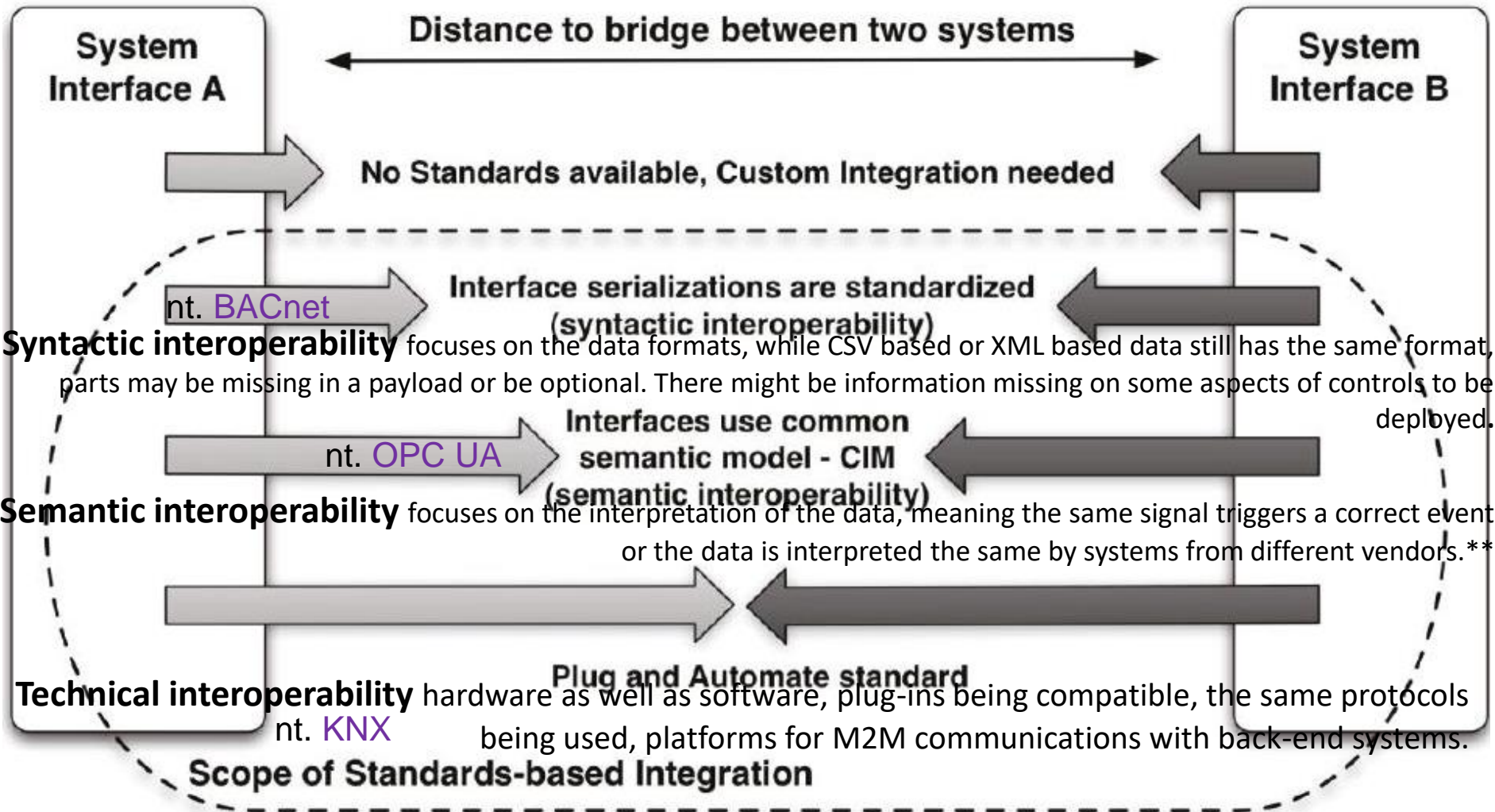
Common data model and language for energy smart appliances

SPINE (Smart Premises Interoperable Neutral-message Exchange),
IEC 2354 TS 62950 ED1,
ZigBee DOTDOT,
IoT schema.org initiative
IoTivity & oneLoTa Data Model Tool by **Open Connectivity Foundation** (OCF)
ETSI Smart Appliances REFerence (SAREF)

<https://www.etsi.org/technologies>

The **ETSI TR 102 966** *“Machine-to-Machine communications (M2M); Interworking between the M2M Architecture and M2M Area Network technologies”* standard published by the European Telecommunications Standards Institute (ETSI) deals with interoperability issues of ETSI machine-to-machine architecture and technologies like **KNX** or **ZigBee**. Mappings of BASs to the ETSI architecture as well as examples for **OBIX** are covered by this standard.

Koostalitluse tasemed



Huvitavat (võib olla) edasi uurimiseks

[Intelligent Buildings International](http://www.cibworld.nl) <http://www.cibworld.nl> (vt. Roadmaps)

TTÜ Arukad hooned õppeaine koduleht <http://www.tud.ttu.ee/web/Andres.Rahni/>

Bloomberg: „The Smartest Building in the World“

<http://www.bloomberg.com/features/2015-the-edge-the-worlds-greenest-building/>

<http://www.automatedbuildings.com/>

<https://www.postscapes.com/internet-of-things-protocols/>

Üks arhitekti vaade teemale <https://youtu.be/MWi12SO-Jac>

Body Radio Reflections for Tracking: <http://witrack.csail.mit.edu/>

JC Smart <https://youtu.be/91fLRddxr7E>

oBIX in Niagra <https://youtu.be/FrWG595EKHg>

Building IoT <https://youtu.be/8NzsQw46kDI>

Open Source IoT <https://linksmart.eu/redmine>

Advantech IB <https://youtu.be/9Ax2wLIR6g8>

BA in the Tower 185, Frankfrut am Main (multi-protocol integr.) https://youtu.be/8wU_nKmCpQ0

https://www.youtube.com/playlist?list=PL2Sd_0UX_Ck4IKW5ZGiYD6LL8oM_eMWGI

Arukad Hooned ja Green Buildings

<http://www.euroace.org/>

ÜHISOSA

Andmeside;

andmete kogumine,
kontroll, diagnostika,
andurid, monitooring,
kaugjuurdepääs jms.

Integreeritud a.juhtimine;

HVAC, energia, valgustus,
ohutus, turva, A-V jms.

Infrastruktuur;

kaabelduslahendus,
juhtmevaba, üldine
andmeside tuumvõrk

Vesi; monitooring ja
mõõtmine.

Energiahaldus
Varahaldus
Ruumihaldus
Integreeritud
projekteerimine

Jätkusuutlikus
Taastuvenergiad
Tervislik ja mugav
Väärt kinnisvara

Õhk ja energia;

vähem kasvuhoonegaase,
parem siseõhk, eesrindlik
energiatõhusus, jäätmed
energiaks jms.

Jäätmed;

taaskasutus ja sortimine,
väiksem hulk

Roheline arhitektuur

Vesi; vähem reovett ja
reostatuse tase.

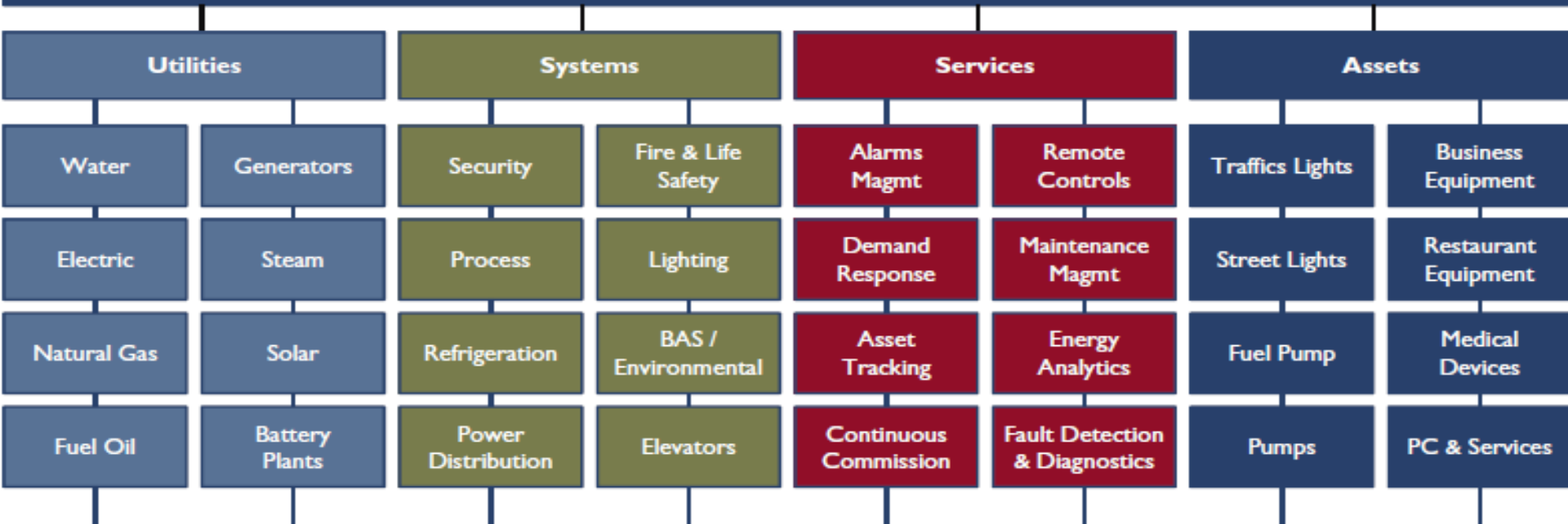
BREEAM – BRE Global Environmental Assessment Method

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

<http://www.usgbc.org>

Niagara and Sedona Frameworks

Any Protocol. Any Device. Any Network.



There are 60 Billion connected machines (10 times more than the world population) that has the potential to be instrumented and controlled

IT Systems - TCP/IP, HTML, XML, SOAP

Source: *Tridium* and *Frost & Sullivan*

Niagara and Sedona Framework

Any Protocol and Any Network - Wired and Wireless

Wired

BACnet

Modbus

oBIX

OPC

LON

Proprietary

SNMP

KNX

Wireless

ZigBee

6LoWPAN

EnOcean

GPRS

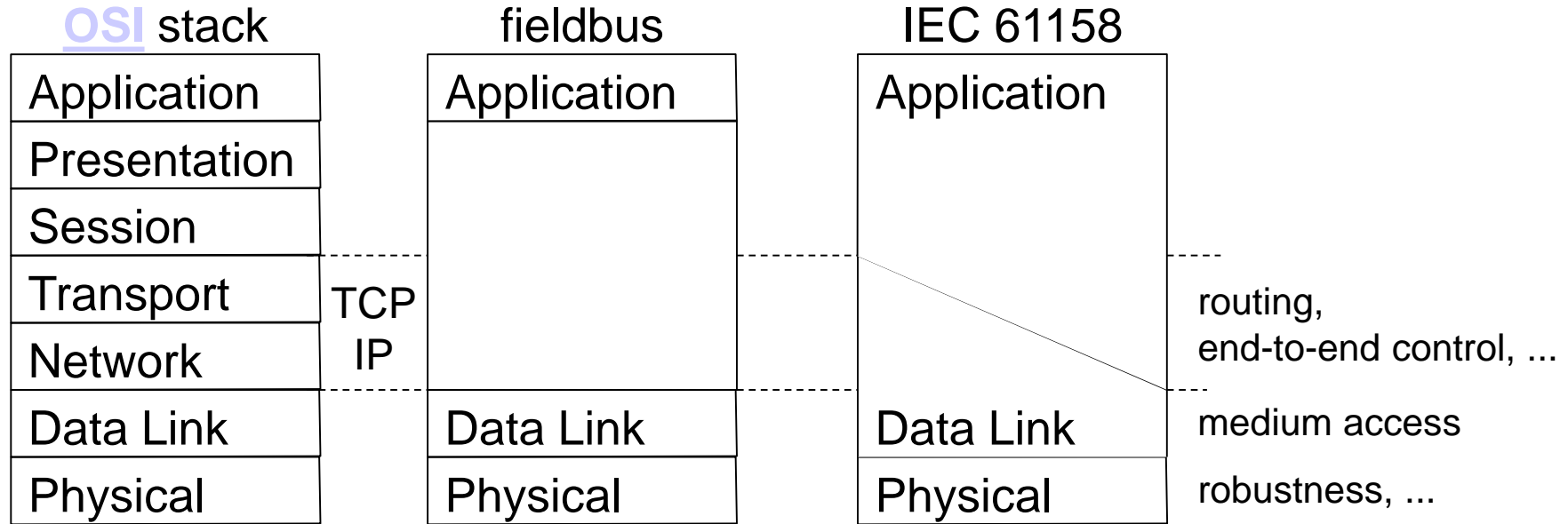
3G

WiFi

Proprietary

Z-Wave

ISO OSI mudeli kihid *fieldbus-is (layer structure)*



TCP
IP

routing,
end-to-end control, ...

medium access

robustness, ...

Paljud tööstusliku andmeside standardid lisavad olemasoleva võrgustandardi kahele esimesele OSI mudeli kihile (füüsiline ja kanalikiht) oma spetsifikatsiooniga seitsmenda (rakenduskiht).

OSI Layer 7 (Application)

Modbus

BACnet

OSI Layer 2 (Transport)

Master/Slave

IEEE 802.3

OSI Layer 1 (Physical)

RS 485 /

Ethernet

Hooneautomaatika süsteemides (LON, KNX, BacNet) vajatakse hierarhilist võrgu topoloogiat ja jaotus ainult kolmeks kihiks poleks piisav; lisaks nt Network layer.