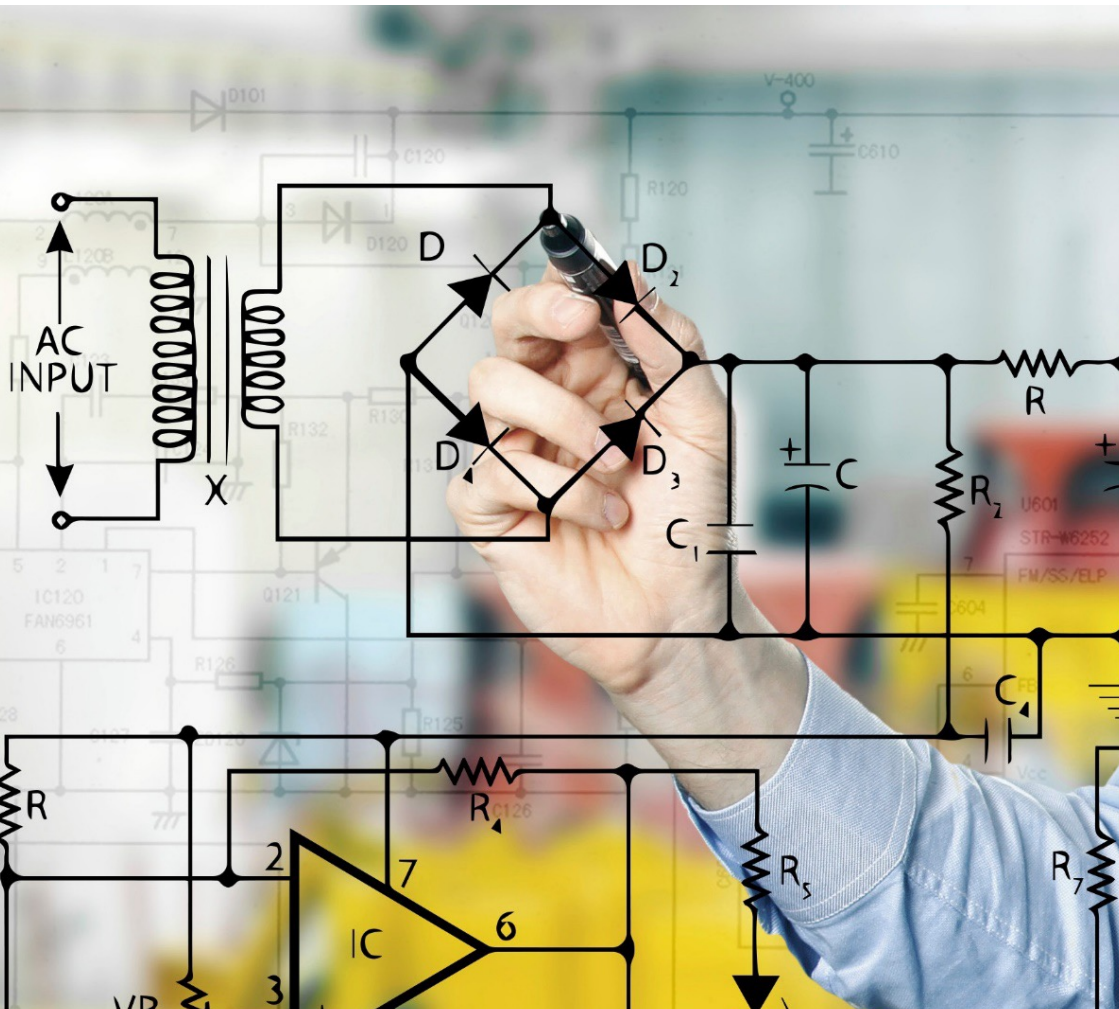


Kerfisbundinn frágangur

Handbók



Handbók fyrir Kerfisbundinn frágang

Upprunaleg útgáfa: 26.01.2016

Skrifuð og gæðaskoðuð af:

Per Roger Johansen

Tor I. Hoel

Íslensk útgáfa: 20.10.2023

Þýðing:

Gunnlaugur Trausti Vignisson fyrir

Framkvæmdasýslan Ríkiseignir (FSRE)



Handbókin er þýðing úr norsku handbókinni; BA 2015's Veileder for systematisk ferdigstillelse.

Handbókin er þýdd og sniðin að íslenskum byggingariðnaði að frumkvæði FSRE.

Bæði upprunalegur texti og þýðing er unnin af sérfræðingum sem hafa unnið með kerfisbundinn frágang í norskum byggingariðnaði. Þýðandi hefur unnið um árabíl við kerfisbundinn frágang og hefur 10 ára starfsreynslu sem verkefnastjóri innan pípulagna í stórum og meðalstórum byggingum .

Ef þörf er á ítarlegri upplýsingum er hægt að hafa samband við höfunda og þýðanda handbókarinnar

Innihald

1	Inngangur	4
2	Orðskýringar	5
3	Bakgrunnur	6
4	Markhópur	9
5	Skilgreining og tilgangur	10
6	Uppbygging	11
	6.1 Aðferðafræði verkefna	12
	6.2 Framleiðsluáhersla og frávikatilkynning	12
7	Þrjú hornsteinar kerfisbundins frágangs	13
	7.1 Stjórnun	13
	7.2 Færni/efnisskilningur	14
	7.3 Kerfisbundin nálgun	14
8	Rétt í fyrsta skipti	16
	8.1 Þáttaka notenda og forhönnun	19
	8.2 Aðalatriði til að tryggja réttar lausnir	19
	8.3 Framleiðsla gagna	20
	8.4 Áfangastjórnun með mælanlegum vörðum	20
	8.5 Notkun frammistöðuvísa (KPI)	21
9	Hönnun og framkvæmd	23
	9.1 Hönnun	23
	9.1.1 Áætlun gagna og afhendinga	25
	9.1.3 Almenn lýsing á tæknilegum innviðum	26
	9.1.4 Viðmótalisti	26
	9.1.5 Kerfislýsingar	26
	9.1.6 Samræmdar kerfislýsingar	27
	9.1.7 Prófunaráætlun	28
	9.1.8 Prófunarlýsingar	29
	9.1.9 Önnur hönnunargögn og forsendur	30
	9.2 Framkvæmd	30
	9.2.1 Framkvæmdaráætlun	31
	9.2.2 Endurskoðun gagna	31
	9.2.3 Tilkynning verktaka á eigin stöðu verkhluta	32
	9.3 Prófanir og sannpröfun	35
	9.3.1 Tilkynning << Tilbúið til prófunar >>	35
	9.3.2 Framkvæmd prófana	36
	9.3.3 Skilyrt tengsl milli framleiðslu og prófunar	37
	9.4 Verklokaúttekt	38
	9.4.1 Reynslurekstur, samþykktarskilyrði fyrir verklokaúttekt	40
10	Verkfæri	40
11	Bestu starfsvenjur í geiranum	42

1. Inngangur

Byggingariðnaðurinn hefur ekki náð sömu framleiðniaukningu og aðrir geirar atvinnulífsins undanfarin ár. Í mörgum byggingarverkefnum skilar virkni tæknilegra kerfa sér ekki til eigenda byggingar og kerfin virka ekki eins og til var ætlast þegar byggingin er afhent. Þessi handbók fjallar um aðferðafræði kerfisbundins frágangs sem á að koma í veg fyrir galla og misræmi í verkefnum. Tilgangurinn með kerfisbundnum frágangi er að verkefnin fylgi ákveðnum ferlum frá upphafi til enda til að tryggja að verkkaupi fái þau gæði sem óskað var eftir. Þannig uppfyllir bygging allar virknikröfur og tæknikerfi virka samkvæmt lýsingu.

Ferli kerfisbundins frágangs hefst í upphafi verks og er samþætt verkinu í gegnum hönnun, byggingu, afhendingu og reynslutíma þar til ábyrgðartíma lýkur. Ferlið auðveldar eiganda byggingar að taka við byggingunni og reka hana með góðum skilningi á virkni tæknikerfa. Handbókin skýrir hvernig kerfisbundinn frágangur byggir á þremur aðalatriðum: Stjórnun, skilningi á efnistöfum og kerfisbundinni nálgun. Með því að gæta að þessum atriðum aukast líkur á því að byggingar séu afhentar með færri göllum og að kerfi uppfylli virknikröfur.

Kerfisbundinn frágangur er öðruvísi en hefðbundin hönnunarferill í íslenskum byggingariðnaði í dag. Aðferðarfræðin sækir innblástur í vinnubrögð sem notast er við í erlendum byggingariðnaði og vísað er til bæði Agile og LEAN hugsunar í hönnunarvinnu.

Kerfisbundinn frágangur skýrir hvernig kröfur til framkvæmdar og eftirlits tæknilegra kerfa eru settar fram og hvernig prófanir og samþykktarskýlirði eru skilgreind. Kerfisbundinn frágangur skýrir ferlið þannig að prófanir verði skilvirkari og mæti kröfum eigenda.

Þessi handbók styður við innleiðingu kerfisbundins frágangs og hægt er að nota hana sem hjálpartæki við gerð útboðslýsinga fyrir hin ýmsu hlutverk sem verða í verkinu (verkefnastjóra, byggingarstjóra, verktaka o.fl.). Þannig er hægt að tryggja að lykilaðilar í verkefninu vinni samkvæmt kerfisbundnum frágangi frá upphafi verks til verkloka.

2. Orðskýringar

AGILE

Agile (lipur) er aðferðafræði sem byggir á ítrun og stigvaxandi þróun þar sem kröfur og lausnir eru þróaðar í þverfaglegum teyllum. Verkefnum er skipt upp í smærri einingar og ítrun hönnunar fer fram í stuttum tímabilum. Dæmi um Agile aðferð er Scrum.

FAT

Factory Acceptance Test. Prófun á búnaði eða kerfi áður en það er afhent á verkstað.

ÍTRUN

Aðgerð sem sífellt er endurtekin á sama viðfangsefni þannig að hver endurtekning verði betri með upplýsingum úr síðustu umferð.

LCC

Lífsferilskostnaður (LCC) felur í sér allan kostnað á líftíma byggingar. Þ.e.a.s fjármagnskostnaður og allur kostnaður við stjórnun, rekstur og viðhald á byggingum.

LEAN

LEAN er aðferðafræði þar sem meginreglan er að útrýma sóun í framleiðsluferlum og draga þannig úr framleiðslutíma, auðlindanotkun, kostnaði o.s.frv.

AFHENDING

Vara, þjónusta og gögn eru dæmi um afhendingar.

HÚSSTJÓRNARKERFI

Miðlægt kerfi til að stýra og fylgjast með stöðu og virkni tækniherfa í byggingum.

KPI

Key Performance Indicator. Mælanlegur frammistöðuvísir.

Uppsetningu lokið

Mechanical Complete: Staðfesting frá verktökum um að uppsetningu, tengingum og merkingum sé lokið.

3. Bakgrunnur

Norskur byggingariðnaður hefur um árabil notið minni framleiðniaukningar en aðrir geirar atvinnulífsins. Líklegt má telja að íslenskur byggingariðnaður eigi við sama vanda að stríða. Í íslenskum byggingariðnaði er þörf á breytingu með aukna framleiðni fyrir augum.

Önnur áskorun sem iðnaðurinn tekst á við er aukið flækjustig í verkefnum. Nútíma byggingar eru í dag útbúnar fleiri tæknikerfum en áður og aukinn fjöldi kerfa gerir hönnun, framkvæmd, afhendingu og notkun flóknari. Þetta leiðir til þess að þeir sem hanna og byggja og reka nútíma byggingar þurfa að vinna með miklu meiri upplýsingar en áður. Aukið flækjustig krefst meiri þverfaglegrar samvinnu og skilnings hjá þeim aðilum sem hér koma við sögu.

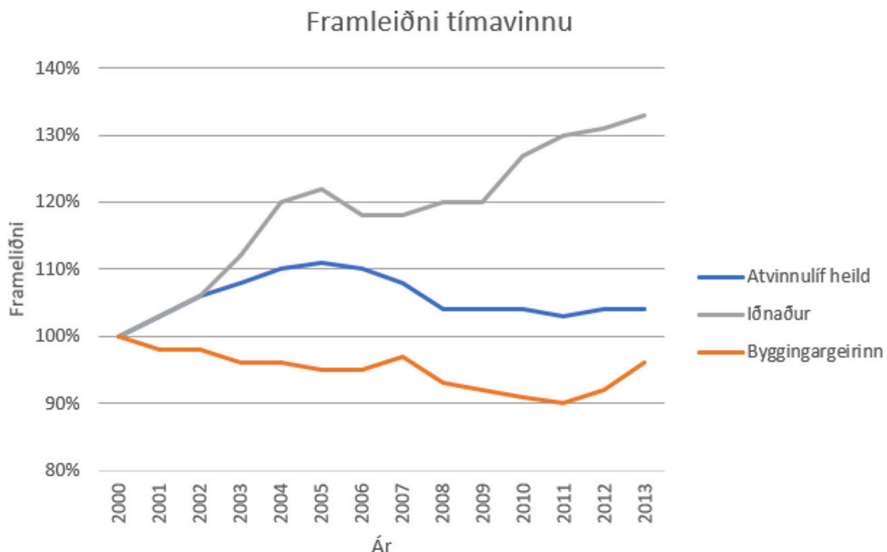
Þetta krefst breytinga á verklagi til að tryggja eftirfarandi:

- Stöðugt flæði upplýsinga í verkefninu
- Góðan skilning á því sem á að framkvæma
- Betra skipulag framkvæmdar
- Skýra sýn á það hvernig kerfi eiga að virka við verklokaúttekt.

Til að verkefni nái markmiðum sínum verður að búa til farveg fyrir þessa þekkingu frá upphafi til enda verkefnis. Þannig verður að tryggja gott flæði upplýsinga á eftirfarandi skilum:

- Á milli allra ferla í verkefni
- Á milli allra hönnuða og ráðgjafa
- Á milli hönnunarhóps og verktaka
- Á milli allra verktaka
- Á milli stjórnenda framkvæmda og framkvæmdaraðila

Rannsóknir frá hinni norsku rannsóknarstofu byggingariðnaðarins (SINTEF) sýna fram á lága framleiðni byggingarverkefna og tölur frá Hagstofu Noregs styðja þessar niðurstöður.



Mynd 1: Þróun í framleiðni tímavinnu á tímabilinu 2000–2013. Árið 2000 = 100%.
(Byggt á tölum frá norsku hagstofunni SSB, 2014)

Óþarflega stór hluti fjárfestinga í byggingariðnaðinum fer í að leiðrétta mistök sem gerð eru í hönnun og framkvæmd eða í vali á byggingarefni. Þetta leiðir til aukins kostnaðar fyrir viðskiptavinum vegna vara sem ekki uppfylla þær kröfur sem gerðar eru.

Handbók um kerfisbundinn frágang er skrifuð í þeim tilgangi að draga úr göllum og frávikum, auka yfirsýn og bæta gæði verkefna.

Handbók þessi er almenns eðlis og hentar til notkunar í öllum byggingarverkefnum óháð samningsgerð. Handbókin útskýrir hvers vegna, hvenær og hvernig á að vinna með kerfisbundinn frágang og hvaða áherslur eru mikilvægar í þessari vinnu.

Áætlun um kerfisbundinn frágang á að gera í hverju verkefni og hún á að vera sniðin að kröfum í verkinu. Áætlunin á að leggja línur fyrir það hvernig verkefnið vinni að því að nýta kerfisbundinn frágang til góðs á öllum stigum verks.

Með því að leggja áherslu á kerfisbundinn frágang í gegnum allt verkefnið næst fram eftirfarandi:

- Gallar (bæði í hönnun og í framkvæmd) uppgötvast áður en bygging er tekin í notkun og minni hættu er á dýrum viðgerðum og ábyrgðarkostnaði.

- Betri gæði á byggingu og tæknikerfum
- Lægri lífsferilskostnaður (LCC – lifecycle cost)
- Bygging með betri innivist
- Meiri samvinna við rekstraraðila byggingar og betri kennsla
- Betri gæði á handbók mannvirkis
- Minni streita og betri samvinna í verkefninu og í byggingariðnaðinum í heild
- Ánægðari eigendur og notendur byggingar

Handbók þessi er gerð til að skapa og auka kunnáttu um kerfisbundinn frágang vegna þess að íslenskur byggingariðnaður fæst við sömu áskoranir og eru á alþjóðavettvangi. Þ.e. að byggingum er ekki skilað með þeirri virkni sem krafist er og margir gallar eru á byggingum við afhendingu. Í Danmörku hefur Byggningsstyrelsen unnið að sama viðfangsefni. Aukin færni á öllum stigum verkefnis (verklýsing, hönnun, bygging, prófanir) ásamt mælanlegum frammistöðuvísum (KPI) í verkefnum mun bæði auka virði fyrir verkkaupa og auka framleiðni í byggingariðnaðinum.

FSRE hefur í þessu augnamiði beðið Gunnlaug Trausta Vignisson um að þýða BA2015 veileder for Systematisk Ferdigstillelse.

Aðalhöfundar handbókarinnar eru Per Roger Johansen og Tor I. Hoel. Að auki hafa Ørjan Ringstad Kristiansen og Magnus Hanæs stýrt vinnu hóps sem hefur lesið í gegnum handbókina og komið með leiðréttingar og ábendingar.

4. Markhópur

Markhópur þessarar handbókar er fólk í ýmsum hefðbundnum stöðum í byggingarverkefnum. Aðalmarkhópar eru verkkaupar og verkefnastjórar, en hönnunarstjórar, byggingarstjórar og verktakar geta einnig nýtt sér þá aðferðafræði sem handbókin lýsir og mikilvægt er að allir þátttakendur í verkefni tileinki sér aðferðafræðina, taki þátt í og styðji við ferlið í gegnum allt verkefnið.

Handbókin leggur línur fyrir þær stöður sem tileinkaðar eru kerfisbundnum frágangi:

- Ráðgjafi kerfisbundins frágangs (RKF) starfar á vegum verkkaupa frá forhönnun þar til ábyrgðartíma lýkur.
- Virknistjóri starfar á vegum verktaka í hönnun, framkvæmd og prófunum og á í miklu samstarfi við RKF. Samstarf þeirra mun tryggja virkni kerfa frá hönnun þar til ábyrgðartíma lýkur.

Handbókin styður verkkaupa í samningagerð, sérstaklega varðandi kröfur til þátttakenda í verkefni, hvort sem það er í undirbúningi, hönnun eða framkvæmd.

Handbókin á líka að vera gott verkfæri fyrir rekstraraðila verkkaupa til að hafa tæknilega umsjón með byggingum. Notkun á handbókinni eykur kunnáttu þeirra svo þeir geri réttar kröfur um virkni tækniherfa og gæði skilagagna. Með þessari aðferðafræði eiga byggingar að geta farið í gegnum verklokaúttekt með færri galla en gengur og gerist í dag.

5. Skilgreining og tilgangur

„Trygging fyrir því að verkefni uppfylli allar virknikröfur innan gefins ramma tíma, kostnaðar og gæða og að verkefnið sé skipulagt og sannreynt í kerfisbundnu ferli sem stjórnað er frá hönnun til verklokaúttektar.“

Tilgangurinn er að skapa stöðugar umbætur með því að:

1. Taka stöðugt mið af lokaniðurstöðu verkefnis

- Rúmfraeði: Notkun BIM til að samþætta hönnun allra fagsviða og minnka þannig óöryggi í verkinu.
- Virkni: Áætlun sem tryggir rétta virkni fyrir öll kerfi og samvirkni allra kerfa.

2. Innleiða eigin verkferla með áherslu á kerfisbundinn frágang samhliða hönnun til að styrkja bæði hönnun rýma og virkni tæknikerfa

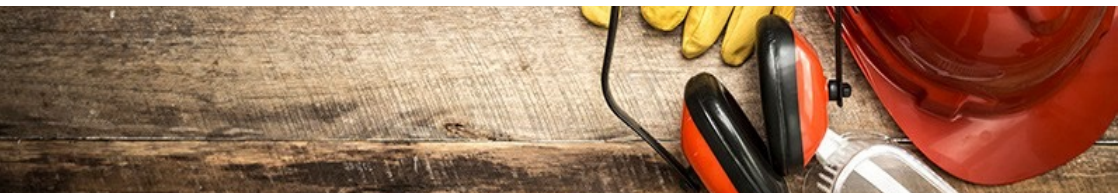
- Breyta kröfum um lausnir og lýsingar á þverfaglegum viðfangsefnum.

3. Framkvæma rétt í fyrsta skiptið

Vinna með kerfisbundinn frágang verður að byrja í upphafi verks og halda áfram með ítrun allt til verkloka. Þetta krefst undirbúnings þar sem áhersla er í upphafi á það hvernig lokaniðurstaðan eigi að vera.

Handbók fyrir kerfisbundinn frágang er almenns eðlis og lýsir því ferli sem verkefni þarf að fara í gegnum til að tryggja réttar lausnir sem virka.

Handbókin beinir kastljósi að því sem verkkaupi og verkefnastjóri þurfa að hafa í huga við stjórn verkefnis.

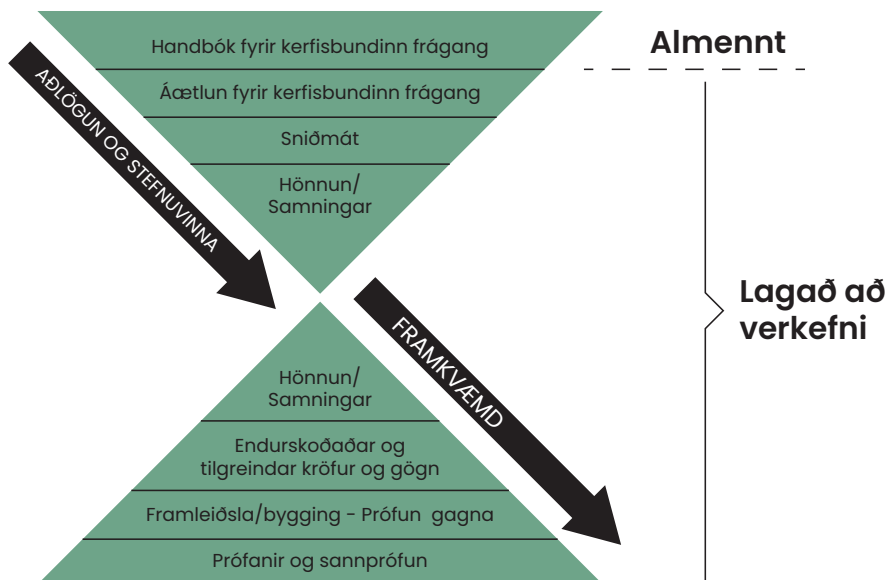


Hægt er að mæta auknum fjöldi kerfa, flóknari virkni og auknum byggingarhraða með þremur aðalatriðum innan kerfisbundins frágangs. Með þessum atriðum má tryggja góð og gallalaus verkefni:

1. Stjórnun
2. Færni og skilningur á viðfangsefni
3. Kerfisbundin nálgun

6. Uppbygging

Kerfisbundinn frágangur er ferli sem hefst við upphaf verks og teygir sig til verkloka. Ferlið fjallar ekki bara um lokaprófanir heldur um leiðina að markmiðinu enda koma margir aðilar að verki á leiðinni. Efri hluti myndar 2 sýnir þau gögn sem stjórna ferlum kerfisbundins frágangs undir stjórn ráðgjafa kerfisbundins frágangs. Neðri hluti myndarinnar sýnir þau gögn sem virknistjóri verktaka vinnur með í gegnum framkvæmd verksins. Myndin sýnir einnig hvernig handbókin tengist við önnur gögn í verkefni.



Mynd 2: Uppbygging verkagagna og sundurliðun frá gögnum forhönnunar til sannprófunar.

Ef kerfisbundinn frágangur á að hafa vægi í verkefnum er mikilvægt að aðferðarfræðin sé tilgreind í samningum verksins. Notkun kerfisbundins frágangs verður að vera eitt af árangursskilyrðum verkefnisins.

Á mynd 2 kemur fram að útbúa þarf verkáætlun fyrir kerfisbundinn frágang og þessi áætlun á að vera sérsniðin að verkinu. Handbók þessi á þá að vera hluti af útboðsgögnum verkefnisins. Æskilegt er að markmið og kröfur til kerfisbundins frágangs komi fram í gögnum verkefnisins þannig að skýrt sé að verkkaupi ætlist til þess að notast sé við aðferðafræði kerfisbundins frágangs. Áætlun fyrir kerfisbundinn frágang á að vera sértæk lýsing á ferlinu fyrir viðkomandi verkefni og þar eiga að vera kröfur til hlutverka og skilagagna.

Ef áætlun fyrir kerfisbundinn frágangur er gerð í upphafi verkefnis getur sú áætlun verið grundvöllur fyrir kröfur til ferla og skilagagna frá hönnuðum og verkötum.

Samningsgerð verkefnis hefur engin áhrif á notkun kerfisbundins frágangs í verkefninu.

6.1 Aðferðafræði verkefna

Til að tryggja að verkefnið nái markmiðum sínum er æskilegt að fylgja aðferðafræði verkefnastjórnunar. Dæmi um slíka aðferðafræði er PRINCE2® (Projects In Controlled Environments.) Þessi aðferðafræði tryggir samræmda framkvæmd verkefna, óháð geira sem unnið er í.

PRINCE2® gefur stjórnandahópi verkefnis tæki til að skilgreina hvað á að gera, hver gerir hvað, og hvenær það á að gerast. Aðferðafræðin segir hins vegar ekkert til um það hvernig eigi að framkvæma verkið.

Kerfisbundinn frágangur hentar vel með ýmsum aðferðum verkefnastjórnunar í verkefnum sem snúast að miklu leyti um tækni og vörur. Þetta er einmitt tilfellið í byggingariðnaðinum.

6.2 Framleiðsluáhersla og frávikatilkynningar

Kerfisbundinn frágangur leggur mikla áherslu á framleiðslu. Með þessari áherslu er gert einfaldara fyrir alla aðila í verkefninu að skilja ábyrgðarsvið hvers og eins, hvenær verk skal útfært og hvaða skilagögn fara á milli aðila. Verkefninu eru skipt niður í viðeigandi verkhluta og tryggir þannig að verkefnið í heild klárast á réttum tíma og gæðum.

Í kerfisbundnum frágangi er áhersla lögð á frávikatilkynningar. Þetta á líka við um PRINCE2.

Eitt það mikilvægasta sem þarf að koma fram þegar verklýsingar eru gerðar er að skilgreina samþykktarskilyrði fyrir það sem framleitt er, hvort sem um er að ræða gögn eða hluti. Hér er átt við hönnun, framleiðslu og prófanir.

Í verkefni eru margir áfangar og á vörðum (e. milestone) þarf að ákveða hvort hægt sé að halda áfram í næsta áfanga. Samkvæmt kerfisbundnum frágangi er aðeins hægt að halda áfram ef samþykktarskilyrði vörðu eru uppfyllt.

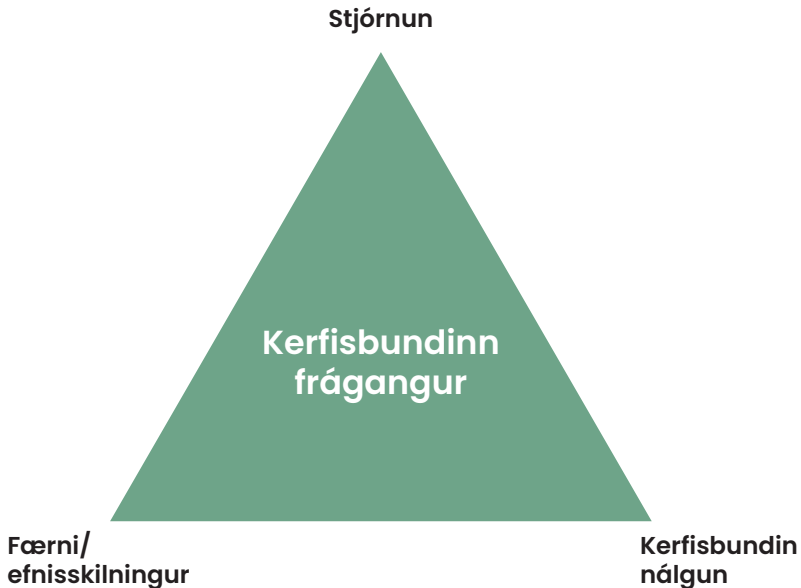
Í byggingarverkefnum eru oft gerðar prófanir en of sjaldan eru fyrirfram skilgreind samþykktarskilyrði prófana.

Þessar prófanir eru gjarnan gerðar í lok áfanga og þá geta óljós samþykktarskilyrði staðið í vegi fyrir því að haldið sé áfram í næsta áfanga. Þetta tefur verkefnið.

Með kerfisbundnum frágangi skýrast kröfur til afhendingar verkþátta.

7. Þrjú hornsteinar kerfisbundins frágangs

Kerfisbundinn frágangur er ferli sem hefst í upphafi verks og fylgir verkinu til loka. Þrjú lykilþættir tryggja sem bestan árangur með ferlinu:



Mynd 3: Þrjú hornsteinar kerfisbundins frágangs.

7.1 Stjórnun

Bæði stjórnunarhópur verkkaupa og stjórnunarhópur verktaka verða að beita sér fyrir kerfisbundnum frágangi frá upphafi verks. Þetta er nauðsynlegt til að verkefnið tryggji sér rétt og nauðsynleg aðföng og fólk til að skipuleggja og framkvæma alla þætti kerfisbundins frágangs.

Stjórnendur þurfa meðal annars að:

- Fá stjórnendahópa verkefnastjóra og verktaka til að innleiða kerfisbundinn frágang af heilum hug í sinni vinnu
- Setja upp aðferðir fyrir áætlanagerð og notkun kerfisbundins frágangs

- Hvetja alla aðila í verkefninu til að taka virkan þátt í kerfisbundnum frágangi
- Greiða leið fyrir verkferla sem styðja við kerfisbundinn frágang
- Setja markmið um kostnað, tíma og gæði sem tryggja notkun á kerfisbundnum frágangi
- Taka ákvarðanir sem styðja og styrkja kerfisbundinn frágang
- Skilgreina hlutverk og ábyrgð þeirra sem vinna við kerfisbundinn frágang
- Skipuleggja gangsetningu kerfa þannig að hagaðilar komi að borðinu á réttum tíma.
- Nýta sér frammistöðuvísa (KPI) í verkefninu til að tryggja stöðuga framför.

7.2 Færni/efnisbilningur

Til að hægt sé að vinna samkvæmt kerfisbundnum frágangi er nauðsynlegt að í verkefninu sé fólk með færni í m.a.:

- Virkni kerfa
- Tæknilegum lausnum í byggingunni
- Skipulagningu á verkferlum fyrir kerfisbundinn frágang

Einnig er sérlega mikilvægt að í verksamningum séu gerðar skýrar og mælanlegar kröfur til virkni kerfa og að gerðar séu góðar áætlanir fyrir prófanir. Ennfremur þurfa að liggja fyrir skýrar starfslýsingar og kröfur fyrir viðmót í samningum verkefnanna.

7.3 Kerfisbundin nálgun

Lykilatriði til að ná markmiðum með kerfisbundnum frágangi er samræmd kerfisbundin nálgun. Að auki verður að notast við ýmis verkfæri til að vinna með upplýsingar í verkefninu.

Kerfisbundin nálgun verður að lágmarki að sjá til þess að:

- Áætlun fyrir kerfisbundinn frágang sé sett upp í upphafi verks og endurskoðuð á milli fasa í verkefninu.
- Gerðar séu skýrar kröfur til hönnunargagna og gæðaskoðunar þeirra.
- Gerðar séu góðar og mælanlegar kröfulýsingar fyrir öll kerfi.
- Gerð sé gæðaskoðun á fyrstu skilum þannig að gallar í hönnun og framleiðslu séu upprættir fyrir notkun.
- Viðmót milli samninga verktaka og milli kerfa séu skilgreind ótvírætt og

að unnið sé eftir þessum viðmótslýsingum.

- Sett sé upp áætlun og skilgreindar aðferðir fyrir prófun kerfa, að þetta sé kynnt fyrir þeim sem koma að borði og að áætluninni sé heilshugar fylgt.
- Kennsla fyrir rekstraraðila sé skipulögð sem hluti af kerfisbundnum frágangi.
- Skilgreindar séu kröfur til reynslurekstrar. (sjá NS6450 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner)
- Skipulagt sé ótvírætt ferli fyrir úttektir og afhendingu.
- Kerfi fyrir meðhöndlun upplýsinga sé sett upp og tekið í notkun í upphafi verks. Kerfið á meðal annars að halda utan um kröfur, áætlanir og meðhöndlun frávíka. Þetta tryggir flæði upplýsinga milli aðila og flæði í gegnum alla fasa verkefnis. Ákveðin verkfæri geta einnig auðveldað eftirlit með frammistöðuvísum (KPI).

8. Rétt í fyrsta skipti

Eins og nefnt hefur verið er eitt af aðalatriðum kerfisbundins frágangs að tryggja að verkefnið uppfylli allar kröfur til virkni. Það er mikilvægt að verkferlar í byrjun verkefnisins styðji við kerfisbundinn frágang með skýrum kröfum um virkni kerfa og/eða byggingar. Því er nauðsynlegt að verkefnisstjórn geri sér í upphafi grein fyrir mikilvægi áætlanagerðar sem styður við stefnu verkkaupa.

Annað aðalatriði í kerfisbundnum frágangi er þrepaskipt prófun kerfa. Þetta kemur í veg fyrir að eftir standi margar óleiðréttar villur og frávik við lok verkefnis.

Samkvæmt kerfisbundnum frágangi eru einstakir hlutar kerfa prófaðir áður en kerfi eru byggð, því næst eru kerfin prófuð og að lokum eru öll kerfi byggingar og samspil þeirra prófuð með heildarvirkni tæknikerfa.

Þessi nálgun er sýnd í V-líkaninu (mynd 4) sem notað er bæði í UT-verkefnum og í byggingariðnaði. Á myndinni eru sýnd grundvallaratriðin í því hvernig hægt er að brjóta niður kröfur og skilagögn í verkefnum sem nýta sér aðferðarfræði kerfisbundinn frágangs.

Vinstri hlið V-líkansins sýnir ítrunarferil með aðgerðum þar sem stöðugt er tryggt að lausnir séu valdar í samræmi við aðgerðina á undan.

Á hægri hlið líkansins eru kröfur frá vinstri hlið líkansins innleiddar eftir því sem verkefninu vindur fram.



126

87

30

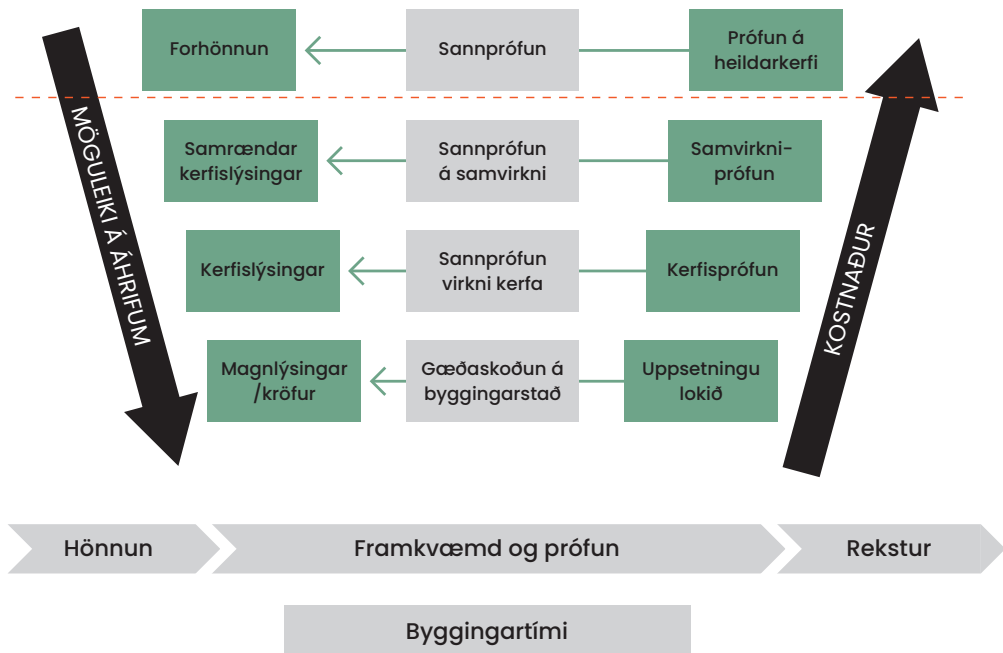
75

ANALYSIS

IDEA

TEAM

PLANNING



Mynd 4: V-líkan fyrir byggingarverkefni

Eins og mynd 4 sýnir hefst skipulagning á byrjunarstigi verkefnis. Það er grundvallaratriði að aðilar með rétta kunnáttu og færni komi við sögu á þessu stigi til að tæknimöguleikar framtíðarinnar séu teknir með í myndina og til að varpa ljósi á að ákvarðanir snemma í verkefninu hafa áhrif á hönnun rýma og tæknikerfa.

Það er mun ódýrara að meta lausnir og breyta þeim í byrjun verkefnis en að þurfa að breyta þegar líður á verkefnið. Þetta gefur hvata til að vega, meta og velja lausnir snemma, ásamt því að sýna framsýni með nýrri tækni og lausnum.

V-líkanið sýnir líka mikilvægi kerfisbundins frágangs frá upphafi verkefnis því aðferðin dregur úr kostnaði við verkefnið. Eftir því sem líður á verkið dregur úr möguleikum til breytinga og kostnaður við breytingar eykst verulega.

8.1 Þátttaka notenda og forhönnun

Notendur og eigendur byggingar taka þátt í verkefninu en þetta krefst ólíkrar færni þátttakenda eftir því í hvaða ferli verkefnið er. Snemma í verkefni er æskilegt að þátttakendur búi yfir kænsku og framsýni. Á síðari stigum er mikilvægara að þátttakendur hafi góða kunnáttu á þeim tæknisviðum sem fengist er við.

Slík þátttaka hefur undanfarin ár orðið sífellt mikilvægari þáttur í að ná árangri í verkefnum. Ástæðan fyrir því er sú að aukin notkun tæknikerfa, UT-kerfa og „The Internet of Things“ mun líklega breyta því hvernig byggingar eru reistar og reknar í framtíðinni.

Í þessu samhengi er mikilvægt að snemma í undirbúningi sé skilgreint:

1. Hvernig verður byggingin notuð í framtíðinni?
2. Hvernig verður byggingin rekin í framtíðinni?

Það er með öðrum orðum ekki spurt að því hvernig reksturinn er í sambærilegum byggingum í dag heldur hvernig rekstur hinnar nýju byggingar verður eftir verklok og til framtíðar.

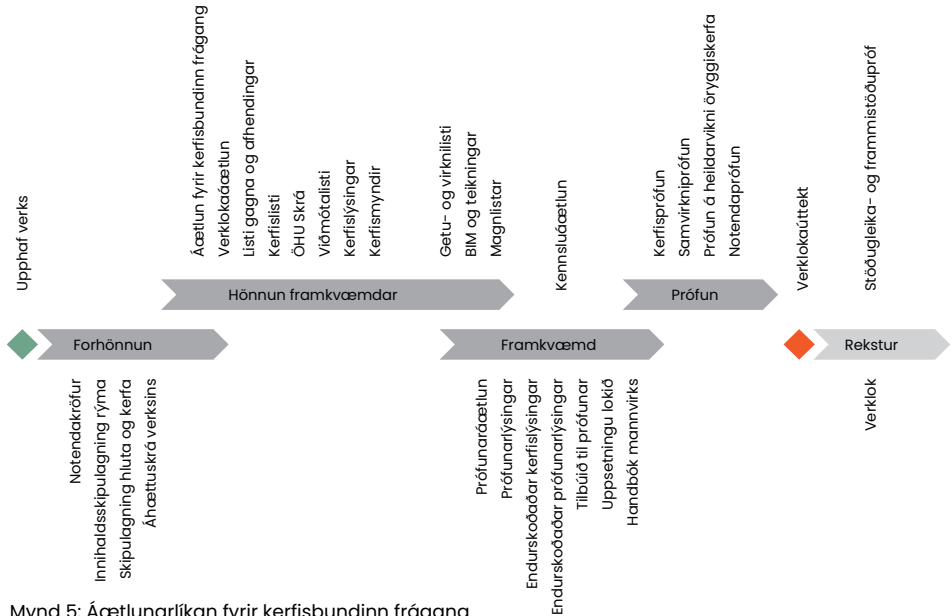
Upphafleg forhönnun er sannreynd með prófun gagnvart rekstrarmódeli notenda (ofan rauðrar brotalínu í V-módeli). Á þessu stigi er lagður grunnur að velgengni rekstrarins. Hefjist verkefnið með ranga eða ónákvæma forhönnun getur sjálft verkefnið gengið vel en reksturinn samt gengið illa. Í versta falli þýðir þetta að verkefnið er misheppnað.

8.2 Aðalatriði til að tryggja réttar lausnir

Forhönnun skilgreinir hvernig byggingin er notuð og rekin. Þegar forhönnun lýkur er verkefnið brotið upp í sértækar lýsingar á því hvernig kerfi og rými virka saman, svokallaðar samræmdar kerfis lýsingar. Því næst eru gerðar virknilýsingar fyrir hvert kerfi og að lokum eru gerðar magntöluskrár þar sem fram kemur í smáatriðum hvað þarf til til þess að byggja heildarkerfið. V-líkanið sýnir hvaða gögn þarf að útbúa til að hægt sé að sannreyna að það sem byggt verður uppfylli kröfur um virkni og gæði. Til að tryggja réttar lausnir verður verkefnið að fara í gegnum þrepaskiptar prófanir. Allar prófanir verður að skilgreina í prófunarlýsingum strax í hönnunarferlinu. Þessar prófunarlýsingar eru grundvöllur fyrir sannprófun sem er endurtekin þar til endanleg og gallalaus heildarprófun hefur farið fram.

8.3 Framleiðsla gagna

Mynd 5 sýnir yfirlit yfir gögn sem útbúa þarf í verkefninu. Þessi gögn eru nauðsynleg í kerfisbundnum frágangi. Þess vegna er mikilvægt að þau séu útbúin í réttri röð og að þau hafi náð réttum gæðum áður en haldið er áfram að útbúa næstu gögn.



Mynd 5: Áætlunarlíkan fyrir kerfisbundinn frágang

8.4 Áfangastjórnun með mælanlegum vörðum

Það er krefjandi að skilgreina mælanlegar vörður (e. milestone) í verkefnum. Algengt er að skipulagðar séu vörður sem heita t.d. „Prófun lokið“. Nauðsynlegt er að setja upp prófunaráætlun og samþykktarskilyrði fyrir prófanir. Þessi samþykktarskilyrði verða þá grundvöllur fyrir samningsbundnum vörðum sem kallast „Prófunum lokið samkvæmt samþykktarskilyrðum“.

Þetta þýðir ekki að prófun verði að vera algjörlega án fráviks heldur frekar að það sé fyrirjáanlegt og mælanlegt hvort kröfur séu uppfylltar á viðunandi hátt. Þá er líka mikilvægt að skýrt sé tilgreint hver beri ábyrgð á því að samþykka niðurstöður prófana eða ákveða að prófanir skulu endurteknar eftir leiðréttingar. Samningar verða að tilgreina hvaða kröfur skuli uppfylltar til þess að prófun sé samþykkt. Þetta dregur úr ósætti milli aðila um það hvort prófun sé felld á réttum eða röngum forsendum. Ef ein eða fleiri prófanir eru ekki samþykktar getur komið til greina að stöðva allt verkefnið eða hluta af því þar til frávik eru leiðrétt og prófanir eru samþykktar. Þetta er gert í þeim tilgangi að koma í veg fyrir að villur og frávik safnist upp í verkefninu.

8.5 Notkun frammistöðuvísa (KPI)

Með notkun frammistöðuvísa geta verkefni lagt áherslu á þá hluti verksins sem reynslan sýnir að hægt sé að bæta. Þessi viðmið snerta mismunandi aðila og gerir þá meðvitaða um möguleika til að bæta frammistöðu í eigin verki. Þetta mun bæta framkvæmd verkefna en um leið fá aðilar í verkefninu tól til að auka sinn eigin hagnað og samkeppnishæfni.

Byggingariðnaðinum hefur hingað til verið stjórnað af viðmiðum um fjárhag og framvindu en smám saman hefur runnið upp fyrir mönnum að þetta er ófullnægjandi. Með því að nýta kerfisbundinn frágang og tilheyrandi kerfi til að halda utan um upplýsingar verður einfaldara fyrir alla aðila í verkefni að nýta sér frammistöðuvísa í eigin vinnu og verkum. Og þá verður um leið einfaldara fyrir byggingariðnaðinn að taka í notkun sameiginlega frammistöðuvísa.

Með því að koma á fót sameiginlegum vettvangi til undirbúnings, hönnunar, framkvæmdar og prófana mun byggingargeirinn geta tekið í notkun fleiri sameiginlega frammistöðuvísa. Þetta mun svo aftur leiða til þess að verkkaupar, verkefnastjórar, hönnuðir, byggingarstjórar og verktakar geti borið saman verkefni út frá þessum sameiginlegu vísum og þar með bætt frammistöðu sína og þeirra verkefna sem þeir taka þátt í.

Dæmi um frammistöðuvísa:

1. Hversu stórt hlutfall kerfa höfðu ekki samþykktar kerfislýsingar á réttum tíma?
2. Hversu stórt hlutfall framkvæmdarinnar var kláruð og gæðaskoðuð á réttum tíma (bygging, gangsetning, kerfisprófun og heildarprófun)?
3. Hversu stórt hlutfall verkþáttaloka hafa verktakar staðfest en síðan verið hafnað af byggingarstjóra eða verkkaupa?
4. Hversu langur tími líður frá því að samþykkt verkhluta er hafnað þar til hann er leiðréttur?
5. Hversu stórt hlutfall prófana hafði villur sem hefðu átt að finnast í eigin prófunum verktaka?
6. Hversu stórt hlutfall af kerfunum hafa virknilyngu sem er ekki útfærð rétt og uppgötvast við prófun?



9. Hönnun og framkvæmd

Kerfisbundinn frágangur byggir á afhendingu vara. Þess vegna verður að vera ótvírætt hver skilar af sér hverju, hvenær afhending fer fram og til hvers á að nota vöruna. Þetta á allt að koma fram í áætlun fyrir kerfisbundinn frágang. Í áætluninni er einnig skilgreint hver ber ábyrgð á að stöðva eða fresta næsta áfanga verksins ef ein eða fleiri afhendingar eru seinar eða ekki af réttum gæðum. Skilgreind eru tvö hlutverk í tengslum við kerfisbundinn frágang sem nauðsynleg eru til umsjónar með kerfisbundnum frágangi.

Ráðgjafi kerfisbundins frágangs

Venja er að bæði hönnunar- og framkvæmdateymi séu skipulögð eftir sviðum og hafi skilgreindar stöður út frá sínu fagi. Til þess að standa vörð um heildarverkefnið er einnig nauðsynlegt að koma á skýrri ábyrgð á tækni- og virkniröfur, viðmótum kerfa og þverfaglegri afhendingu. Því er best náð með því að skilgreina hlutverk í skipulagi verkefnisins fyrir kerfisbundinn frágang, sem hefur vald yfir faghópum til þess að forgangsraða út frá heildarhagsmunum verkefnisins. Þetta er hlutverk ráðgjafa kerfisbundins frágangs og hlutverkið á að skilgreina í áætlun fyrir kerfisbundinn frágang. Sjá nánar í viðauka.

Virknistjóri

Mikilvægt er að skilgreina hver ber ábyrgð á virkni kerfa og viðmótum í hönnun, og hvaða aðili fær þessa ábyrgð á meðan framkvæmd stendur. Þá er skýrt hver ber ábyrgð á að virkniröfur séu uppfylltar í gegnum ferla hönnunar, framkvæmdar og prófunar.

Það er hlutverk virknistjóra verktaka að gæðaskoða gögn frá hönnun með viðmót og ábyrgð í huga áður en þau eru notuð í framkvæmd. Hlutverk virknistjóra verktaka á að skilgreina í áætlun fyrir kerfisbundin frágang. Sjá nánar í viðauka.

9.1 Hönnun

Hefðbundinn hönnunarferill er röð af hönnunarverkefnum. Hver hönnuður hannar m.v. sitt fagsvið, afhendir það til næsta hönnuðar til áframhaldandi vinnslu og svo eru gögn send fram og tilbaka til hönnuða í frekari vinnslu. Hönnunarfundir eru haldnir með öllum aðilum þar sem farið er í gegnum hönnunargögnin og kannað hvort hönnun sé á áætlun.

Með kerfisbundnum frágangi er hönnunarferlið sveigjanlegra með aðaláherslu á tæknileg viðmót, vörur og vinnu. Þetta krefst breytinga á verklagi í hönnun. Hönnunarferlar eru keyrðir samhliða og notast er við Agile aðferðafræðina þar sem hentugra er að hafa minni og sveigjanlegri vinnuhópa sem bera ábyrgð á að leysa þverfagleg viðfangsefni.

Slíkir vinnuhópar sameinast á einum vinnustað og meðlimir hópsins bera ábyrgð á mismunandi virknisviðum. Vinnuhóparnir eru breytilegir í fjölda og ábyrgðarsviðum og fer það eftir því hvaða viðfangsefni á að leysa.

Þessir vinnuhópar eru stofnaðir til að vinna með tvö aðalsvið:

1. Rúmfræði (hönnun rýma)
2. Virkni (tæknileg virkni og kröfur)

Hönnunin er framkvæmd með ítrunarferli (e. iteration). Þá eru lausnir metnar, aðlagðar og endurskoðaðar í endurteknu ferli og þannig verða lausnir sífellt betri.

LEAN aðferðafræðin hentar vel í hönnunarferlinu. Hönnunarstjóri kallar alla í hönnunarteyminu saman til að brjóta verið niður í minni verkefni og skilgreinir ábyrgðarmann hvers verkefnis. T.d. fær lagnahönnuður það verkefni að hanna hitakerfi. Viðkomandi ber þá ábyrgð á sækja nauðsynlegar upplýsingar frá hönnunarteymi sem gefur upplýsingar til að leysa það verkefni. Með þessu er hægt að stýra mismunandi hönnuðum og forgangsraða viðfangsefnum. Þessi vinna getur tekið nokkra daga. Hönnunarteymin gera einnig sameiginlega áætlun um fundarþarfir og vinnutíma teyma.

Á milli vinnutarna ber hver ábyrgðarmaður ábyrgð á því að áfram sé unnið með viðfangsefni síns verkefnis þar til lausn liggur fyrir. Þetta skapar sveigjanleika í hönnunarhópnum og sterkara eignarhald á þeim viðfangsefnum sem fyrir liggja.

Með því að skapa fyrirsjáanleika í hönnunarferlinu aukast líkur á að góður árangur náist.

Kerfisbundinn frágangur á að leiða til þess að hönnun uppfyllir eftirfarandi:

- Gefur verkkaupa skýra sýn á það hvað byggingin á að innihalda.
- Skýrir kröfur hönnuða til þess sem afhent er.
- Gefur góðar lýsingar á frammistöðu kerfa og vara til verktaka þannig að verktaki skili af sér réttum gæðum og virkni.
- Skapar grundvöll fyrir rétta verðlagningu frá verktökum.
- Skapar grundvöll fyrir rétta gæðaskoðun og prófun vara, prófun á kerfum og samvirkni kerfa.

Verkefni eru samsett af fjölda afhendinga sem breytast eftir þróun verksins. Taka verður tillit til þessa þegar hönnun er skipulögð. Skilningur þarf að vera fyrir því að forsendur liggja ekki allar fyrir þegar hönnun byrjar. Þrátt fyrir það er hægt að ákveða að þegar valið er að innleiða ákveðna lausn þá fylgi vinnan þeim verkferlum sem lýst er í þessari handbók.

Lausnir frá hönnuðum geta verið afhentar frá mismundandi aðilum eftir því hver er með þessa lausn í sínum samningi. Lausnir geta sem sagt komið bæði frá hönnuðum og verktökum.

Verkefni getur haft fleiri mismunandi samningsgerðir. Hluti verks getur verið útboð sem skilar gögnum eða vörum inn í hönnun verkhluta sem eru í alútboði. Verkaupi þarf samt að hafa sömu möguleika til að sannprófa og gæðaskoða gögn og vörur í prófunum, fyrir kennslu og fyrir handbók mannvirkis. Þess vegna er mikilvægt að sömu kröfur séu gerðar til gagna og vara óháð því hvaða samningsgerð liggur til grundvallar afhendingunni.

9.1.1 Áætlun gagna og afhendinga

Til þess að hönnun uppfylli gæðakröfur og mæti afhendingartíma er mikilvægt að áætlun gagna og afhendinga sé gerð fyrir verkefnið. Þessi áætlun á að lýsa öllum gögnum og afhendingum sem hönnuðir eiga að vinna í verkinu. Áætlunin verður ítarlegri eftir því sem á verkið líður.

Það er lykilatriði að öll gögn og afhendingar séu með í áætluninni til þess að verkið hafi fulla yfirsýn yfir það hvaða gögn hafa áhrif á önnur gögn.

Það gilda sömu meginreglur í hönnun og í framleiðslu; gögnin verða að mæta samþykktarskilyrðum og einnig þarf að vera skýrt hver ber ábyrgð og getur stöðvað framleiðslu ef gögn og afhendingar uppfylla ekki gæða- eða tímakröfur. Samþykktarskilyrðin og ábyrgðarsvið eiga að vera skilgreind í áætlun fyrir kerfisbundinn frágang í hverju verkefni.

Áætlun gagna og afhendinga er notuð til að fylgjast með því að hönnunarhópar skili sínum gögnum eftir áætlun. Notkun frammistöðuvísa getur gagnast til að mæla skil á verkefninu.

Einnig þarf að setja upp aðferð til að fylgjast með því að þrívíddahönnun byggingarinnar fylgi áætlun. Það getur reynst erfiðara þar sem BIM-líkan þróast ekki á sama hátt og hefðbundin hönnun með flæði gagna. Lykillinn að slíku eftirliti er að setja upp frammistöðuvísa fyrir þróun BIM-líkansins.

9.1.2 Kerfislisti

Mikilvægur þáttur til að skilja innihalds verks er kerfislistinn. Kerfislistinn á að innihalda öll kerfi byggingarinnar. Þetta er mikilvægt gagn til að fá yfirsýn yfir kerfi en líka til að skilgreina hvaða gögn þarf að útbúa síðar í verkinu. Til

dæmis almenna lýsingu á tæknilegum innviðum, kerfislýsingar, viðmótalista, lýsingar samræmdra kerfa, o.s.frv. Kerfislistinn verður ítarlegri eftir því sem verkið þróast og valdar lausnir eru nánar skilgreindar.

Hvert kerfi í listanum verður að hafa sitt númer og listinn skilgreinir hvar kerfið er staðsett í byggingu og hvaða hluta byggingar það þjónar. Þetta er mikilvægt til þess að hægt sé að tengja kerfislistann við prófunaráætlun og áætlun um frágang rýma byggingarinnar. Kerfislistann þarf að setja inn í gagnabanka þannig að hægt sé að að sækja upplýsingarnar til notkunar í öðru samhengi t.d. í viðmótalista eða til að útbúa KPI frammistöðuvísa.

9.1.3 Almenn lýsing á tæknilegum innviðum

Setja þarf upp almennar lýsingar á tæknilegum innviðum. Slíkar lýsingar þarf að setja upp í forhönnun og þær eiga að varpa ljósi á þá virkni sem innviðirnir eiga að hafa. Ekki er nauðsynlegt að setja upp slíkar lýsingar fyrir hvert kerfi á kerfislista verksins.

Dæmi um slíka lýsingu er rafmagnskerfi sem getur verið byggt upp af fleiri kerfum, til dæmis afl frá dreifiveitu og varaafli, þar sem varaaflið getur verið bæði frá rafstöðvum og og UPS rafhlöðum.

9.1.4 Viðmótalisti

Viðmótalistinn á að skilgreina þau viðmót sem verða milli tæknilegra kerfa. Listann á að nota á tveimur stigum.

1. Á forhönnunarstigi skapast viðmót á milli mismunandi kerfisgerða. Á þessu stigi eru gróflaga skilgreind viðmót sem seinna þarf að hanna nákvæmlega. Þar er skilgreint hvaða aðili beri ábyrgð á viðmótum og hvernig á að vinna með og skjalfesta þau.
2. Á framkvæmdastigi þarf að hanna viðmótið nákvæmlega og tengja viðkomandi kerfum og samningsaðilum. Ákveða þarf hvernig viðmótið er útfært og hvaða samningsaðili ber ábyrgð á að útfærslan verði rétt og sannprófuð. Á þessu stigi á að skilgreina öll viðmót út frá kerfislista með réttu kerfisnúmeri þannig að öllum viðmótum sé lýst óvænt og hægt sé að fylgja þeim eftir í kerfisprófunum og samræmdum kerfisprófunum.

9.1.5 Kerfislýsingar

Mikilvægustu hönnunargögn kerfisbundins frágangs eru kerfislýsingar. Lýsingarnar á að útbúa fyrir öll kerfi sem hafa tæknilega virkni og merkja með númerum frá kerfislista.

Kerfislýsingar er grundvöllur hönnunar, framkvæmdar og sérstaklega prófunar.

Í hönnun er notast við ítrun (e. iteration) þar sem kerfislýsingar eru settar upp til að lýsa í smáatriðum hvernig kerfi á að virka og út frá hvaða forsendum. Þegar kerfislýsing er tilbúin er sjálft kerfið hannað og svo er kerfislýsing endurskoðuð. Þessa ítrun getur þurft að keyra nokkrum sinnum, oftar eftir því sem flækjustig er hærra og þverfagleg samhæfing er meiri. Virkni við alvarleg atvik s.s. rafmagnsleysi, bruna, skemmdarverk o.s.frv á að koma fram í kerfislýsingum.

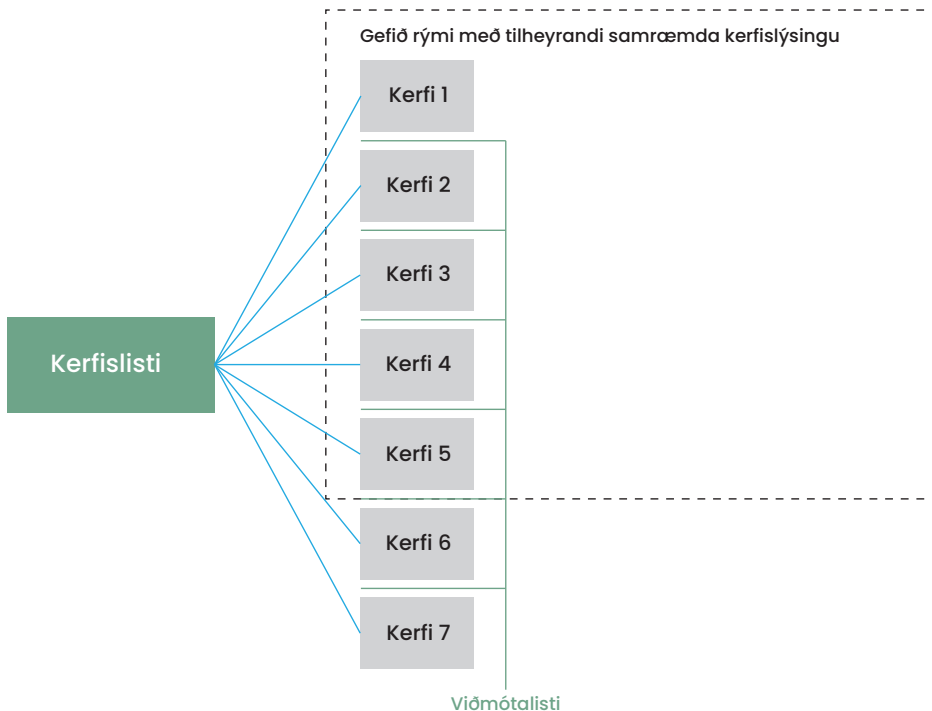
Kerfislýsing, virknistar og kerfismyndir eru grundvöllur fyrir prófunarlýsingar. Þetta er líka grundvöllur fyrir samþykktarskilyrðin sem notuð eru til að dæma um hvort kerfi hafi staðist prófun eða ekki. Kerfislýsingar eru auk þess mikilvægar í samskiptum við notendur og rekstraraðila. Kerfislýsingar útskýra hvernig kerfi virka, bæði hvert fyrir sig og samræmd við önnur kerfi. Mikilvægt er að rekstraraðilar séu sáttir við kerfislýsingar áður en hönnun er komin svo langt að breytingar verði dýrar.

Það reynist oft erfitt að miðla nægilegri þekkingu frá byggingarframkvæmd til rekstraraðila. Notkun kerfislýsinga og góðra prófunaráætlana mun auðvelda kennslu á tækni kerfum fyrir rekstraraðila.

9.1.6 Samræmdar kerfislýsingar

Í sumum tilfellum þurfa mörg kerfi að vinna saman til þess að ná tilætlaðri virkni. Þetta getur t.d. átt við í sérstökum rýmum eins og á skurðstofum, kennslusölum, einangrunarherbergjum og rannsóknarstofum eða varðandi heildarvirkni kerfa við bruna eða innbrot.

Útbúa þarf samræmdar kerfislýsingar fyrir viðkomandi virkni og rými. Samræmdu kerfislýsingarnar eiga að binda saman þær kerfislýsingar sem fylgja viðkomandi kerfum. Kerfislýsingar útskýra hvernig eitt kerfi virkar en samræmdar kerfislýsingar útskýra hvernig tengd kerfi virka saman til að ná tilætlaðri virkni.



Mynd 6: Sýnir samhengi mill kerfa, kerfislista, viðmótalista og samræmdrar kerfislýsingar

9.1.7 Prófunaráætlun

Til þess að hægt sé að gera prófunaráætlun þarf verkkaupi að útbúa áætlun um það hvenær rými eru tekin í notkun.

Áætlun um notkun rýma er grundvöllur fyrir verkefnastjóra til að setja vörður í framkvæmdaráætlun sem skilgreina:

- Hvenær rými eða kerfi er uppsett (e. mechanical complete)
- Hvenær rými á að vera hreint (Rød sone)
- Hvenær tæknileg rými, þar með talið UT-rými eiga að vera tilbúin

Mikilvægt er að skilgreina líka hvenær netkerfi á að vera gangsett þannig að prófun kerfa getur farið fram í gegnum hússtjórnarkerfi.

Eftir að áætlun fyrir notkun rýma og vörður eru settar í framkvæmdaráætlun er ítarleg prófunaráætlun gerð. Sú áætlun á að sýna hvaða kerfi þjóna mismunandi rýmum byggingarinnar. Þetta varpar ljósi á það hvaða kerfum rými eru háð til að geta byrjað prófun.

Prófunaráætlun á að skilgreina:

- Hvaða kerfi á að prófa
- Í hvaða röð á að prófa kerfi
- Hver ber ábyrgð á að skipuleggja prófun
- Hver ber ábyrgð á að framkvæma prófun
- Hvaða forsendur eru fyrir því að prófun geti farið fram

Vel gerð prófunaráætlun gefur verktökum betri grundvöll til að verðleggja verk sitt.

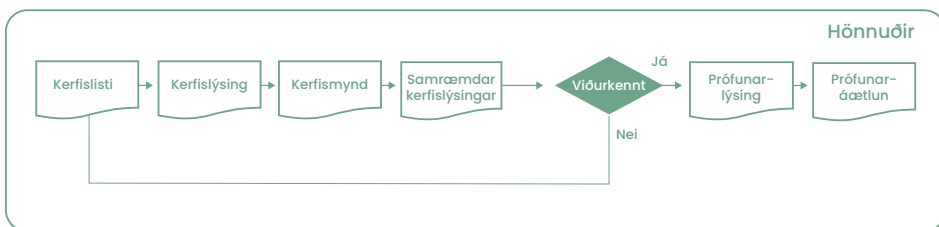
9.1.8 Prófunarlýsingar

Prófunarlýsingar eru byggðar á eftirfarandi gögnum.

1. Kerfislista
2. Viðmótalista
3. Kerfislýsingum
4. Samræmdum kerfislýsingum
5. Kerfismyndum
6. Virknilistum

Mikilvægt er að skilgreina hver er ábyrgur fyrir því að útbúa þessi gögn og það er ekki óeðlilegt að hönnuður sé ábyrgur fyrir þeim gögnum sem snerta þau kerfi sem viðkomandi hennar. Seinna þarf verktaki að endurskoða gögnin áður en prófun er framkvæmd. Í prófunarlýsingum eiga samþykktarskilyrðin að koma fram þannig að enginn vafi sé um forsendur þess að prófun sé felld og að ný prófun sé fyrirskipuð.

Prófunarlýsingar fyrir notendaprófun eru gerðar út frá kröfum rekstraraðila til virkni rýma. Vísað er til V-líkans á mynd 4. Þessar prófunarlýsingar á að útbúa í náinni samvinnu við notendur byggingarinnar.



Mynd 7: Ferilsmynd yfir hönnunargögn fyrir Prófunarlýsingar

9.1.9 Önnur hönnunargögn og forsendur

Margar forsendur eru fyrir því að verkefnið sé á réttri leið í upphafi hönnunar.

Má þar nefna:

1. ÖHU (Öryggis, heilsu og umhverfi)
2. Kerfi fyrir merkingu hluta og kerfa
3. BIM stefnu
4. BIM handbók
5. Kröfur til handbókar mannvirkis

Margar almennar lýsingar þurfa að liggja fyrir áður en hönnun tækniherfa gengur of langt. Sumar kröfur eru úr reglugerðum og stöðlum en aðrar kröfur koma frá verkkaupa.

Þetta getur til dæmis verið:

1. Brunahönnun
2. Svæðisskipulag
3. Kennsluáætlun

9.2 Framkvæmd

Kerfisbundinn frágangur styður við aðferðarfræði LEAN. Í þeim tilfellum þar sem verkefni er framkvæmt á hefðbundinn hátt mun kerfisbundinn frágangur gera framkvæmdina skipulagðari og betur skjalfesta með því að hafa nauðsynlegt eftirlit með verkinu og með því að skipuleggja prófanir. Þar að auki er greinilega skilgreint hvernig hægt er að stöðva verkþátt ef frávik frá samþykktarskilyrðum eru of stór.

LEAN í byggingargeiranum hefur þróast mikið undanfarin ár en ýmsar nálganir við LEAN hafa verið prófaðar. Þar mætti nefna mörg verkefni sem hafa verið framkvæmd bæði á Íslandi og erlendis og sem eru í framkvæmd í dag. Framkvæmd verks með LEAN krefst þess að verkefnistjórnun geri framleiðsluáætlun sem setur taktinn fyrir alla framkvæmdina. Í þessu er einnig fólgin skilgreining og eftirlit með samþykktarskilyrðum. Niðurstöður frá slíkum ferlum sýna að verkefnin sem fylgja LEAN klárast með færri frávikum og göllum en önnur verkefni.

Snemma á framkvæmdarstigi er mikilvægt að verktakar taki af heilum hug ábyrgð á því að ljúka uppsetningu, prófun kerfa, samræmdum prófum kerfa og kennslu rekstraraðila. Best er að ná þessu með því að verktakar taki þátt í skipulagningu þessara þátta. Þessi þátttaka þarf að koma fram í magntöluskrám þannig að kostnaður við þátttökuna verði ekki að deilumáli í verkinu.

Að auki verður að skilgreina ótvírætt:

- Hvaða afhendingar eru í þessum skipulagningarhluta
- Hver í verkefnastjórn ber ábyrgð á að fylgja afhendingu eftir
- Hvaða samþykktarskilyrði þarf að uppfylla til þess að afhending teljist fullnægjandi

Samningarnir eru grundvöllur framkvæmdar í verkum. Þess vegna er mjög mikilvægt að kröfur um kerfisbundinn frágang séu tilgreindar í samningum við verktaka. Það mun tryggja fyrirsjáanleika, rétt verð og rétta færni frá verktökum.

Nauðsynlegt er að skilgreina samþykktarskilyrði fyrir afhendingarnar. Þegar frávik koma fram milli krafna og afhendingar verður að stöðva framkvæmd sem byggir á hinni röngu afhendingu þar til frávik eru leiðrétt. Þetta gildir fyrir frávik í áætlunum, gögnum og útfærslum verkhluta eða afhendingu vara. Það verður að koma greinilega fram hver í verkefninu getur tekið slíka ákvörðun. Afleiðingar fyrir verktaka af því að framkvæmd sé stöðvuð verður einnig að koma greinilega fram í samningum.

Með kerfisbundnu verklagi og góðum áætlunum er einfaldara að koma auga á þætti sem reynslan sýnir að séu krefjandi og þar af leiðandi hvaða þætti þarf að prófa í minni skala áður en lausnin er framleidd í heild í öllu verkinu. Á þennan hátt minnka líkur á að gölluð lausn sé endurtekin. Til dæmis má nefna prófunaruppsetningu á herbergjum, hurðarkerfum, stjórnkerfum o.s.frv.

9.2.1 Framkvæmdaráætlun

Með því að gera framkvæmdaráætlun út frá því hvenær verkkaupi tekur rými í notkun, eins og lýst er í kafla 9.1.7, aukast líkur á því að verkþættir hefjist á réttum tíma.

Mikilvægur þáttur í þessu er að koma auga á það hvaða vörur hafa langan afhendingartíma. Þessar afhendingar eru settar upp í „Long lead items“ lista sem er notaður til að tryggja rétt gögn sem þarf til pöntunar og einnig til að tryggja að pöntun sé gerð á réttum tíma. Mikilvægt er að áætla tíma til prófunaruppsetningar í gerð á „Long lead items“ listanum.

9.2.2 Endurskoðun gagna

Eftir að verktaki hefur ákveðið hvaða framleiðendur og birgja þeir munu nota þarf hann að endurskoða kerfislýsingar og tilheyrandi prófunarlýsingar. Ef endurskoðun leiðir til breytinga á gögnum þurfa ráðgjafar verkkaupa að staðfesta breytingarnar til að koma í veg fyrir misskilning á virkni og verkkaupi þarf að staðfesta nýja kerfislýsingu og prófunarlýsingu áður en valin vara og kerfi eru afhent á byggingarstað.

9.2.3 Tilkyning verktaka á eigin stöðu verkhluta

Með notkun á kerfi þar sem verktakar skrá frágang á eigin vinnu á skilgreindum verkhlutum aukast möguleikar á eftirfylgni með framleiðslu og gæðum hjá öllum aðilum verksins. Frávik og gallar uppgötvast og eru leiðrétt fyrir og löngu áður en prófun kerfa hefst.

Dæmigerðar tilkynningar geta verið:

1. Uppsettur hlutur í rými eða uppsett kerfi
2. Kerfi tengt við rafmagn og stjórnkerfi
3. Magnstilling lagnakerfa
4. Gögn kerfa fyrir handbók mannvirkis tilbúin
5. Kerfi tilbúið fyrir kerfisprófun
6. Kerfisprófun lokið og hún staðfest
7. Kennsla rekstraraðila á kerfi haldin
8. Verkhloti tilbúinn fyrir samræmda kerfisprófun
9. Samræmdri kerfisprófun lokið og hún staðfest

Með vel skipulagðri, stjórnaðri og fyrirsjáanlegri framleiðslu (bæði gagna og framkvæmdar) og reglulegum tilkynningum um framvindu næst eftirfarandi:

- Möguleikar til að tryggja gæði verkþátta sem leggja grunn að gæðum í framhaldinu.
- Að gæðaskoðun verkkaupa fari aðeins fram á hlutum byggingar sem verktaki telur sig hafa klárað.
- Einfaldara að afhjúpa verkþætti sem eru á eftir áætlun áður en komið er að næstu vörðu í áætlun.
- Möguleikar til að sjá heildarframvindu verksins fyrir (og nákvæmar) en hægt er með eftirliti. Hægt er að nýta framvindu einstakra þátta og rýma inn í uppfærða verkáætlun.

Verktaki staðfestir að gæðaeftirlit hafi farið fram þannig að verkstjóri og byggingarstjóri skoði aðeins þá verkhluta sem verktaki hefur sannarlega lokið.



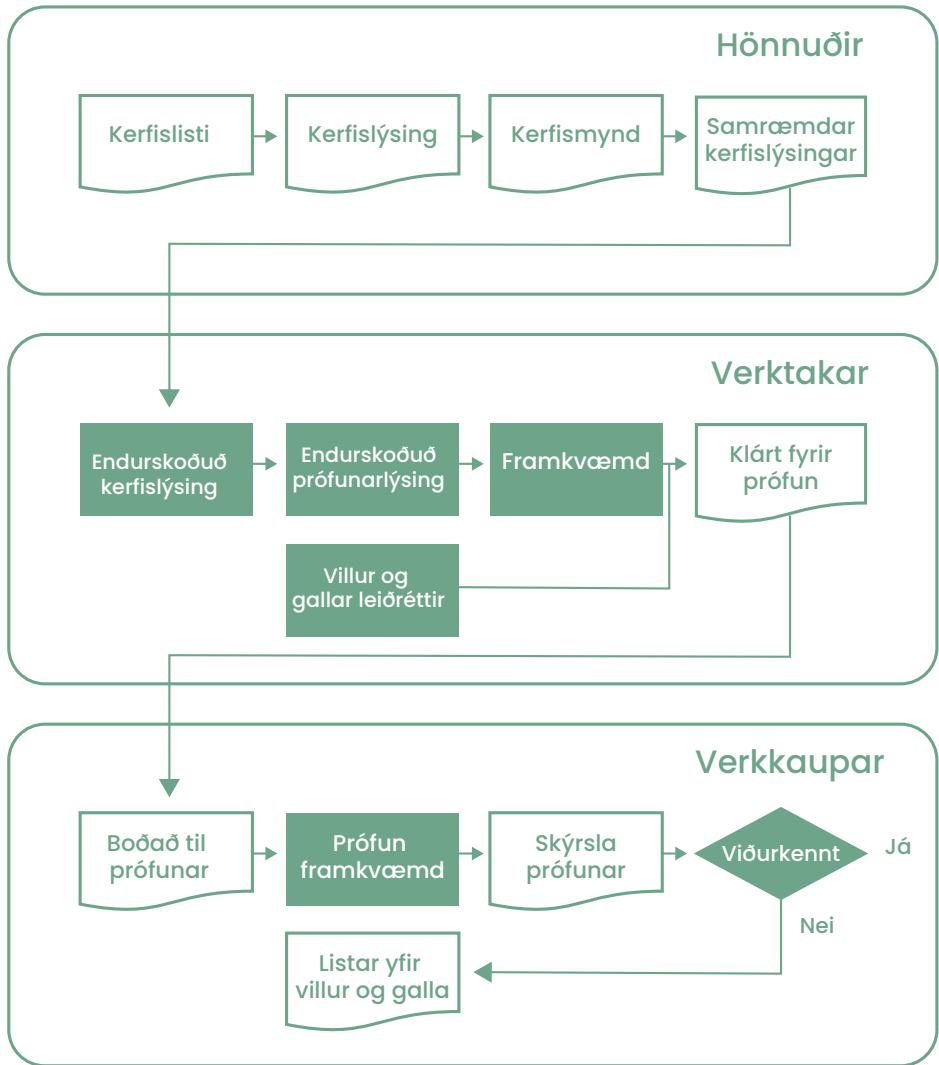
9.3 Prófanir og sannprófun

Margir munu halda því fram að óþarfi sé fyrir verkkaupa að framkvæma eigin prófanir á byggingum sem byggðar eru eftir íslenskum eða alþjóðlegum stöðlum þar sem gerðar eru kröfur um gæðakerfi.

Reynslan er önnur. Nokkur rök fyrir því að prófanir eru nauðsynlegar:

1. Verktakar gera villur en skrá kerfið samt sem gæðaskoðað.
2. Lausnir eru hannaðar sem virka ekki samkvæmt upprunalegum forsendum. Slíkir gallar uppgötvast oft ekki fyrr en gerð er prófun á heildarvirkni byggingar.
3. Verktakinn einbeitir sér að því að uppfylla skilyrði samninga og síður að virknikröfum verkkaupa. Það getur leitt til þess að kröfur til samvirkni kerfa og gallar í hönnun eða framkvæmd uppgötvast ekki.
4. Fáir aðilar í byggingargeiranum hafa nægilega reynslu til að framkvæma prófun þannig að allir gallar uppgötvist. Í kerfisbundnum frágangi er prófunum lýst og þeim er fylgt eftir af fólki með rétta færni. Þetta kemur í veg fyrir að gallar fari óséðir í gegnum prófun.
5. Það er hefð fyrir því að ljúka framkvæmd áður en skoðað er hvort útfærslan sé rétt. Í verkefnum þar sem lausnir eru endurteknar er þörf á að prófa útfærsluna á meðan verkinu stendur þannig að fyrsta uppsetning sé prófuð áður en lausnin er endurtekin í öllu verkinu.
6. Vinna með prófanir byrjar á hönnunarstigi og lýkur með staðfestum prófunum. Ferillinn er sýndur á mynd 8.





Mynd 8: Ferilsmynd prófana

9.3.1 Tilkynning «Tilbúið til prófunar»

Til þess að prófun sé framkvæmd samkvæmt áætlun er mikilvægt að allir aðilar fái tilkynningu þegar prófun nálgast. Slíka tilkynningu á að senda þrátt fyrir að prófunin komi fram í prófunaráætlun. Tilkynningin virkar þá sem staðfesting á því að allur undirbúningur hafi verið gerður og að prófun geti farið fram. Tilgangur tilkynningarinnar er líka að vekja athygli aðila sem geta haft áhrif á niðurstöðu prófunar. Ef niðurstaða prófunar er neikvæð getur

aðilinn sem sendi út tilkynningu „Tilbúið til prófunar“ þurft að bera ábyrgð á afleiðingunum þess. Þegar verktaki sendir út tilkynningu „Tilbúið til prófunar“ staðfestir verktakinn að það sem á að prófa sé tilbúið og án galla. Verktakinn verður þess vegna að hafa framkvæmt sína gæðaskoðun til að tryggja það að niðurstaða prófunar verði jákvæð. Í „Áætlun fyrir kerfisbundinn frágang“ á verkefnið að skilgreina kröfur um hvenær á að senda tilkynningu „Tilbúið til prófunar“ og skilgreina hvað tilkynningin á að innihalda og hvernig á að senda hana.

9.3.2 Framkvæmd prófana

Verktakinn ber ábyrgð á sinni gæðaskoðun og eiga bæði byggingarvörur í rýmum og virkni kerfa sem eru í hans samningi að fara í gegnum gæðaskoðun.

Eins og þessi handbók lýsir, er nauðsynlegt fyrir verkefnastjóra verkkaupa að tryggja það að verkið í heild sé staðfest, rétt útfært og að það uppfylli allar virknikröfur sem rekstraraðilar og notendur gera. Þetta má tryggja með því að skipuleggja forgangsörðun prófana sem verkefnið á að fylgja. Þetta krefst þess að í verkefnastjórn sé aðili sem ber ábyrgð á að halda prófunarferlinu gangandi í gegnum allt verkið. Þetta er hlutverk ráðgjafa kerfisbundins frágangs.

Þegar kemur að því framkvæma prófanir, á virknistjóri verktaka að sjá til þess að prófun sé framkvæmd eftir prófunarlýsingum og útbúa prófunarskýrslu. Virknistjóri sér svo um að gera lista yfir þær villur og galla sem hafa komið í ljós og ákveða hvort prófun sé staðfest eða ekki út frá samþykktarskilyrðum. Við virkniprófanir sýnir verktakinn að kröfur í samningum séu uppfylltar. Við notendaprófun hefur verktakinn óvirkara hlutverk.

Rekstraraðilar tæknilegra kerfa eiga að taka þátt í mismunandi prófunum og nota þessar prófanir til að læra á kerfin. Þátttaka rekstraraðila í þessu lokaferli verksins styrkir færni þeirra og eignarhald á kerfum sem þeir taka við þegar framkvæmd lýkur.

Dæmi um prófanir sem framkvæmdar eru:

- Virkniprófun kerfa
- Prófun á kerfi með alla hluti kerfis tengda sem staðfestir að kröfur til virkni og getu séu í samræmi við útboðsgögn.
- Samræmd prófun kerfa
- Prófun sem staðfestir virkni á milli tveggja eða fleiri kerfa og að viðmót virki á milli kerfa og samninga.
- Prófun heildarvirkni öryggiskerfa
- Prófun sem staðfestir að öryggiskerfi í byggingunni virki saman undir öllum kringumstæðum og uppfylli samþykktarskilyrði.
- Notendaprófun
- Prófun sem staðfestir að bygging og kerfi byggingar uppfylli skilyrði sem rekstur byggingarinnar krefst í daglegri notkun.
- Prófun stöðugleika og getu kerfa
- Prófun kerfa sem stjórnast af innri og ytri áhrifum. Prófun staðfestir að kerfin þoli breytingar, haldi stöðugleika yfir lengri tíma og mæti kröfum í útboðsgögnum.

9.3.3 Skilyrt tengsl milli framleiðslu og prófunar

Kerfisbundinn frágangur skiptir verkinu upp í ferla fyrir forhönnun, verkhönnun, framkvæmd og prófun. Verkefnið þarf að laga skipulag, færni/efnisskilning og uppbyggingu í verkefninu að því ferli sem það er í. Í verkefninu mun áherslan vera mismikil á rekstur notenda, rými byggingar eða kerfi.

Með hliðsjón af V-líkani á mynd 4 er hægt að deila ferlaskiptunum upp á eftirfarandi hátt:

- Á meðan forhönnun stendur þarf verkefnið færni til að deila byggingunni í virknisvæði og að hafa skilning á þörfum notenda við rekstur. Þá þarf að setja upp áætlanir til að sannprófa forhönnun (notendaprófun) og það að byggjast á heildarhugsun um virkni kerfa og viðmót samninga og aðila að teknu tilliti til notendaprófana.
- Í hönnun þróast kerfislýsingar og samræmdar kerfislýsingar. Áætlanir og sannprófanir á virkni hvers kerfis og samræmdri virkni milli kerfa verður að byggja á mörkum kerfa og því hvaða rýmum er þjónað af einstökum kerfum og samvirkni fleiri kerfa. Slíkar áætlanir hafa oftast áhrif á fleiri virknisvæði.
- Við framkvæmd og fram að vörðu Uppsetningu lokið er framvinduáætlun yfirleitt byggð á svæðum eða rýmum byggingarinnar. Grundavallarhugsunin er þá að fá góða framleiðslu

á því sem viðkemur tilheyrandi rýmum eða svæðum og er óháð virknisvæðum kerfa og hvernig rýmin eiga að virka í notkun.

9.4 Verklokaúttekt

Verklokaúttekt er hluti samnings og er oft stýrt af stöðlum. Kerfisbundinn frágangur á líka að sjá til þess að afhending frá verkefninu til verkkaupa fari fram með áherslu á lokaniðurstöðu. Verlokaúttekt á milli samningsaðila fer fram í samræmi við ÍST 30, en afhending á verkefninu til verkkaupa verður oft málamiðlun eða ferli þar sem verkkaupi/rekstraraðili virðist þvingaður til að taka við verkinu.

Lykilatriði til að verklokaúttekt takist vel er:

- **Skýringar á væntingum**
Samræmi verður að vera milli væntinga verkaupa til virkni og þeirrar virkni sem verkefnið skilar af sér.
- **Gagnsæir listar yfir frávik og galla**
Listarnir verða að hafa lokafrest sem er virtur af þeim aðilum sem bera ábyrgð á frávikum og göllum.
- **Fullbúin handbók mannvirkis af réttum gæðum**
Það er mikilvægt að handbók mannvirkis sé tilbúin þegar prófunarferlið byrjar. BIM-líkan er líka hluti af handbók mannvirkis.
- **Kennsla**
Kennsla í notkun kerfa verður að vera skipulögð þannig að hún fari fram sem hluti af sannprófun á gögnum fyrir prófanir og haldi svo áfram í kerfisprófunum og samræmdum kerfisprófunum.

Hægt er að skýra betur væntingar verkaupa með góðu samstarfi milli verktaka og fagfólks verkaupa. Fagfólk verkaupa á að vera til staðar á hönnunartíma til að gæðaskoða lausnir. Þar að auki á fagfólk verkaupa að vera með í reglulegu eftirliti á verkstað þannig að verkkaupi hafi möguleika til að hafa áhrif á lausnir sem verið er að smíða og að þá sé byggt á reynslu úr rekstri verkaupa. Það er þó mikilvægt að leggja áherslu á að það er aðalverktaki sem ber ábyrgð á því sem byggt er. Fagfólk verkaupa hefur aðeins ráðgjafarhlutverk svo lengi sem ekki er um að ræða innihald samninga á milli verktaka og verkaupa.

Gagnsæir listar yfir frávik og galla eru mikilvægir til að sýna fram á getu verksins til að bæta frávik og galla fyrir verklokaúttekt. Listar yfir frávik og galla eiga að vera skýrir fyrir verkstjóra og hægt á að vera að nýta þá til að tilkynna stöðu til verkefnastjóra og verkaupa. Það krefst þess að notaður sé

samræmdur listi fyrir alla undirverktaka og samningsaðila. Lúkning frávíka og galla gefur mikilvæga frammistöðuvísa í verkefninu og eitt mikilvægasta viðmiðið er að verkið nái að loka frávikum og göllum áður en frestur er liðinn.

Handbók mannvirkis verður að vera í forgangi og er verulega stór árangursþáttur í kerfisbundnum frágangi. Gögnum til handbókarinnar á að skila um leið og vörur koma á byggingarstað, uppsetningu rýma lýkur og kerfi klárast. Afhendingaráætlanir og áætlanir fyrir söfnun gagna eiga að sýna hvað mun verða afhent og þessum áætlum þarf að viðhalda og uppfæra eftir því sem verkinu vindur fram. Ekki nægir að uppfæra áætlanirnar bara þegar gögn og teikningar eru tilbúin. Þessar áætlanir tengjast líka mikilvægum frammistöðuvísimum í verkefninu þar sem fylgst er með afhentum, seinum og komandi gögnum og raunverulegar dagsetningar bornar saman við áætlanir.

Vinna við handbók mannvirkis er líka verkfæri til að verkefnið geti tilkynnt verkkaupa/rekstraraðila hvað vantar af gögnum. Þetta er líka gott verkfæri til að skipuleggja vinnu þeirra sem eiga að vinna með handbók mannvirkis, bæði af hálfu verktaka og verkkaupa/rekstraraðila.

Kennsla í notkun kerfa er mikilvægur þáttur í kerfisbundnum frágangi og einnig til að tryggja vel heppnaða verklokaúttekt. Kennsluáætlun á að útbúa fyrir verkkaupa/rekstraraðila tímanlega áður en gangsetning kerfa byrjar. Hluti af kennslunni er að rekstraraðilar og notendur taki þátt í að sannprófa virkni, allt frá FAT prófunum og til notendaprófunar. Til þess að verklokaúttektin takist vel verður verkkaupi að vera virkur þáttakandi í þeim liðum sem lýst er að ofan.



9.4.1 Reynslurekstur, samþykktarskilyrði fyrir verklokaúttekt

Reynslurekstur er skilgreindur í staðli NS6450 Gangsetning og reynslurekstur tæknikerfa bygginga. Það er mikilvægt að það komi skýrt fram í samningum hvers ætlast sé til af verktökum í reynslurekstri og að samþykktarskilyrðin fyrir upphaf og lok reynslurekstrar séu ótvírætt skilgreind. Eins og í öðrum hlutum kerfisbundins frágangs er mikilvægt að skilgreina hvaða kerfi eða verkfæri á að nota til að halda utan um þær upplýsingar sem þarf að meðhöndla í reynslurekstri. Hér er einnig notkun á frammistöðuvísunum mikilvæg til að geta fylgst með mismunandi aðilum og mismunandi verkum með stöðuga framför fyrir augum.

Reynslurekstur getur hafist þegar eftirfarandi skilyrði eru uppfyllt:

- a) Öllum prófunum er lokið og gögnum skilað
- b) Villur sem hafa áhrif á reynslurekstur eru leiðréttar
- c) Aðalverktaki hefur sent yfirlýsingu um að reynslurekstur geti hafist

Verkkaupi hefur rétt til að fresta reynslurekstri þar til öll skilyrðin eru uppfyllt. Fyrir reynslurekstur er sett upp sameiginleg skrá þar sem verktaki og verkkaupi skrá frávík og villur í reynslurekstrinum. Sá sem rekur tæknikerfin í reynslurekstri er ábyrgur fyrir skránni.

Verkkaupi á að reka tæknikerfin í reynslurekstri. Verkkaupi skal sjá til þess að upplýsingar um frávík og villur séu sendar til verktaka. Ef upp koma þýðingarmiklar villur sem minnka tilgang reynslurekstrarins getur verkkaupi lengt tímabil reynslurekstrar.

Í reynslurekstri fer rekstraraðili mánaðarlega yfir öll tæknikerfi með þeim sem hafa hannað og forritað kerfin til að sannprófa að kerfin skili af sér þeim gæðum sem þau eiga að gera fyrir notanda inn á skrifstofum, fundarherbergju, kennslustofu o.s.frv. Ef eitthvað rými nær t.d. ekki réttu hitastigi eða er ekki að virka eins og það á að gera, þá byrjar greining í því rými og svo unnið til baka inn í kerfinn þar til galli er fundinn. Ef þarf verktaka til að gera við eitthvað kerfi, þá verður verktaki að sinna tafarlausum úrbótum.

Tímalengd reynslurekstrar er mismunandi eftir gerð kerfa og getur verið allt frá 3-12 mánuðir. Hita- og loftræsikerfi þarf að keyra í reynslurekstri í gegnum allar árstíðir.

10. Verkfæri

Kerfisbundinn frágangur er óháður verkfærum sem notuð eru til skipulagningar og framkvæmdar. Til eru mörg verkfæri sem hægt er að nýta á ýmsum stigum verkefnis og til mismunandi verka en fá verkfæri eru sérhönnuð til að halda utan um allt ferlið frá upphafi til loka verkefnis. Í byggingariðnaðinum er verið að þróa verkfæri sem munu í vaxandi mæli hafa áhrif á það hvernig verkefni eru framkvæmd, t.d. notkun BIM. Þetta verkfæri heldur ekki utan um kerfisbundinn frágang en er eitt af fleiri verkfærum sem styðja ferlið. Þekkt verkfæri sem hægt er að nota við kerfisbundinn frágang eru t.d. töflureiknir (Excel) eða Microsoft Project. Þörf er á að þróa fleiri verkfæri til að styðja við sífelldar bætingar og frammistöðuvíska í hönnun, framkvæmd og prófunum. Ný verkfæri munu nýtast byggingargeiranum ef þau draga fram lykiltölur og tölfræði sem sýna fram á þróun geirans. Áhugavert er að fá fram gögn sem útskýra hvers vegna sum verkefni ganga betur en önnur og hvað greinir þau frá á hinum ýmsu stigum.

Tæknipróunin gefur möguleika á að hagnýta spjaldtölvur og síma til að meðhöndla og deila upplýsingum á annan hátt en áður hefur verið gert.

Þetta á líka við um notkun BIM og möguleika til að setja fram:

1. Hvaða kerfi þjóna mismunandi svæðum
2. Prófunarhlutar – hvaða kerfi hafa áhrif á svæðin sem á að ljúka
3. Skipulag framvindu og röð aðgerða og uppsetninga
4. Raunveruleg framvinda byggt á stöðu hvers verktaka
5. Raunveruleg framvinda byggt á prófunum sem lokið er
6. Kennsla fyrir starfsfólk byggingar

BIM er fyrst og fremst verkfæri til þess að vinna með rúmfræðina í verkefni. Þess vegna er mikilvægt að kerfisbundinn frágangur sé fléttaður inn í verkefnið þannig að tryggt sé að bygging og kerfi hennar séu rétt uppsett en ekki sist að þau virki eins og til er ætlast.

11. Bestu starfsvenjur í geiranum

Síðustu 15 ár hefur byggingargeirinn þróast í rétta átt varðandi prófanir og er nú oftast lögð áhersla á að skipuleggja þær prófanir sem gera á í lok verkefnis. Í mörgum verkefnum eru það verkefna- og byggingastjórar sem hefja skipulagningu prófana í lok verktímans. Kerfisbundinn frágangur er nú notaður í fleiri verkefnum, t.d. til þess að skipuleggja prófanir snemma í hönnunarferlinu. Tvö verkefni þar sem þetta er gert eru stækkun flugstöðvarinnar á Gardermoen og Listaháskólinn í Bergen. Ekki hafa verið gerðar vísindalegar mælingar á áhrifum þess að hefja skipulagningu prófana snemma í verkefni. Reynsla frá fyrri verkum sýnir þó ótvírætt að skortur á kerfisbundnum frágangi í hönnunarferlinu og skortur á skoðunum og úttektum í byggingarferlinu eru helstu skýringar á þeim mikla fjölda villna og frávikum sem koma í ljós í lokaprófunum. Ef ekki eru notuð verkfæri til að halda utan um verkefni eru litlar líkur til þess að verkefni ljúki án verulegra vandræða í lokafasanum.

Viðaukar

Starfslýsing ráðgjafa kerfisbundins frágangs

Staðlar og leiðbeiningar starfslýsingar

- NS 3935 Integreerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB)
- NS 6450 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner
- Handbók fyrir Kerfisbundinn Frágang

Ábyrgð og umboð

Ráðgjafi kerfisbundins frágangs (RKF) er þátttakandi í verkinu frá upphafi hönnunar fram til afhendingar verks. Starfið felst í eftirliti á virkni kerfa og að sjá til þess að hönnun fari rétt af stað, gögn sem skilgreina kerfisbundinn frágang verði útbúin og lögð til grundvallar fyrir vinnu virknistjóra.

Það er mikilvægt að RKF þekki vel til innihalds samninga, kröfulýsinga, hönnunargagna og staðla sem stýra gæðum tæknilegra kerfa. RKF heldur fundi, skrifar fundargerðir og fylgir eftir öllum atriðum sem þar koma fram.

Ráðgjafi kerfisbundins frágangs (RKF) á að tryggja gott samstarf milli tæknilegra aðila í verkinu og hafa umboð til að tryggja að heildarkröfur á virkni tæknilegra kerfa sé uppfyllt út frá kröfulýsingu og hönnunargögnum. RKF mun halda fundi um kerfisbundinn frágang frá upphafi verks og þar til lokaúttekt byggingaryfirvalda hefur farið fram.

Samstarf milli RKF og virknistjóra verktaka er lykilatriði til þess að kröfur til virkni kerfa skili sér í gegnum alla ferla verksins.

Markmið í ferlum verksins

Verkefni RKF fylgja ferlum verksins.



* Uppsetningu lokið: Staðfesting frá verktökum um að uppsetningu, tengingum og merkingum sé lokið.

Hönnun:

- Innleiðir feril kerfisbundins frágangs í byrjun forhönnunar.
- Kynnir kerfi fyrir samræmda merkingu og sér til þess að allir tæknilegir aðilar og hönnuðir fari eftir því kerfi.
- Skiptir byggingu upp í hönnunarsvæði teikninga í samvinnu við hönnunarstjóra og BIM stjóra. RKF skal stjórna því að kerfin verði ekki of lítil og að mögulegt verði að hanna á milli þeirra eða þvert á hönnunarsvæði.
- Setur upp gagnalista fyrir hönnun á tæknilegum kerfum og fylgir því eftir að rétt gögn komi inn í verkið á réttum tíma og af réttum gæðum.
- Aðstoðar hönnunarstjóra í áætlanagerð hönnunar.
- Er virkur þáttakandi á hönnunarfundum verksins
- Heldur sérfundum með eftirtöldum aðilum á forhönnunarstigi:
 - o Brunatæknilegum ráðgjafa
 - o Hljóðtæknihönnuði
 - o Matsaðila umhverfissvottunar
 - o Kostnaðarstjóra
 - o Arkitektum
- Útbýr kerfislísta yfir öll tæknileg kerfi byggingarinnar sem virknistjóri verktaka tekur við.
- Útbýr gögn yfir samræmda virkni á milli kerfa sem virknistjóri verktaka tekur við.
- Boðar til þurrprófunar (Table test)* á flóknum ferlum sem virka á milli kerfa, þegar kerfi mæta samþykktarskilyrðum RKF. Virknistjóri verktaka stendur fyrir sjálfri prófuninni.
 - o *Table test: Fundur þar sem gerð er samræmd kerfisprófun á gögnum, hægt sé að lesa sig fram til virkni á öllum kerfum.

Undirbúningur fyrir framkvæmd á byggingarstað:

- Útbýr aðaláætlun fyrir kerfisbundin frágang sem virknistjóri verktaka tekur við.
- Skilgreinir samþykktarkröfur fyrir hvenær uppsetningu telst vera lokið.
- Skilgreinir samþykktarkröfur fyrir prófun á samvirkni kerfa og prófun á heildarvirkni kerfa.

Framkvæmd á verkstað:

- Heldur fundi með byggingarstjóra/verkefnastjóra og kynnir stöðu á kerfisbundnum frágangi í verkinu.
- Aðstoðar byggingarstjóra í afgreiðslu á kröfum frá verktaka.
- Kallar eftir gögnum fyrir rekstrarhandbók mannvirkis.

Prófunarferill og úttektir :

- RKF heldur fundi með virknistjóra verktaka og fylgir því eftir að gögn frá prófun uppfylli kröfur og komi á réttum tíma.
- RKF verður að vera til staðar við allar prófanir á samræmdri virkni milli kerfa og kalla inn notendur byggingar sem hafa áhuga á að taka þátt í þessum prófunum. Þetta er fyrsti liður í kennslu notanda í notkun kerfa.
- RKF þarf að vera til staðar á prófun á heildarvirkni öryggiskerfa haldin af virknistjóra. RKF þarf að staðfesta að prófun standist þær kröfur sem koma fram í samþykktarkröfum.
- RKF þarf að vera til staðar á fundum virknistjóra um stöðugleika og frammistöðu tæknilegra kerfa út frá samþykktarkröfum. Stöðugleika- og frammistöðuprófun er gerð á kerfum sem verða fyrir áhrifum veðurs.
- RKF gæðaskoðar öll gögn frá virknistjórasem verða hluti af lokaúttekt opinberra aðila.

Starfslýsing virknistjóra

Staðlar og leiðbeiningar starfslýsingar

- NS 3935 Integrerte tekniske bygningsinstallasjoner (ITB)
- NS 6450 Idriftsetting og prøvedrift av tekniske bygningsinstallasjoner
- Handbók fyrir kerfisbundinn frágang.

Ábyrgð og umboð

Virknistjóri verktaka er þátttakandi í verkinu frá því að verktaki kemur til verks þar til ábyrgðartími verktaka hefst. Virknistjóri heldur fundi og skrifar fundargerðir og fylgir öllum atriðum sem þar koma fyrir vel eftir. Virknistjóri þarf að þekkja vel til innihalds samninga, kröfulýsinga, hönnunargagna og staðla um gæði tæknilegra kerfa.

Starfið felst í að taka við gögnum frá ráðgjafa kerfisbundins frágangs (RKF) og sjá til þess að kerfisbundinn frágangur leiði til þess að hönnuð kerfi og virkni þeirra séu án galla við verklokaúttekt. Virknistjóri þarf að tryggja gott samstarf við alla undirverktaka.

Virknistjóri verktaka á að tryggja gott samstarf milli tæknilegra hönnuða sem verktaki ber ábyrgð á.

Samstarf milli virknistjóra og RKF er lykilatriði til þess að kröfur til virkni kerfa skili sér vel í gegnum alla ferla verksins.

Virknistjóri fylgir eftir undirverktökum aðalverktaka í gegnum allt verkið og ber ábyrgð á að þau kerfi sem byggð eru séu samkvæmt hönnunargögnum og að þau uppfylli allar kröfur verkefnisins. Virknistjóri er tengiliður milli hönnunar og framkvæmdar. Ef í ljós koma hönnunargallar eða að gögn vanti til framkvæmda á byggingarstað, þá hefur virknistjóri umboð til að stöðva framkvæmd þar til gögnin uppfylla gæðakröfur sem fram koma í samþykktarkröfum hönnunar.

Þegar bygging eða hluti byggingar er tilbúinn til prófunar ber virknistjóri ábyrgð á að prófunarferlar, gangsetning kerfa og prófun á samvirkni kerfa fylgi þeirri prófunaráætlun sem virknistjóri hefur gert út frá verkefnaáætlun verkefnisins.

Virknistjóri stjórnar verklokaúttekt og skilar af sér gögnum hennar til RKF.

Markmið í ferlum verksins

Verkefni RKF fylgja ferlum verksins.



* Uppsetningu lokið: Staðfesting frá verktökum um að uppsetningu, tengingum og merkingum sé lokið.

Innkaup verktaka:

Gerð er krafa til virknistjóra að kynna sér vel öll hönnunargögn sem fyrir liggja áður en innkaup fara fram. Eftirfarandi gögnum á að skila inn til verkefnastjóra verkkaupa:

- Kröfugreiningu út frá kröfulýsingum og teikningum frá hönnuðum tæknilegra kerfa.
- Viðmótslista fyrir samvirkni kerfi og hluta í tæknikerfum. Listinn skilgreinir ábyrgð virkni milli verktaka. Listinn skilgreinir ábyrgð virkni milli verktaka.

Virknistjóri mun taka þátt í eftirfarandi liðum í innkaupum:

- Gæðaskoðun á útboðsgögnum áður en þau eru boðin út og einnig gæðaskoðun á tilboðum frá verktökum.
- Taka þátt í innkaupum frá tæknilegum verktökum.

Sameiningarferill:

- Virknistjóri útbýr leiðbeiningar fyrir kerfisbundinn frágang sem eru sérsníðnar að verkinu. Handók fyrir kerfisbundinn frágang liggur til grundvallar að þessari vinnu.
- Virknistjóri mun taka þátt í áætlunargerð fyrir áframhaldandi hönnun og áætlunargerð byggingaframkvæmda.
- Það er æskilegt að virknistjóri þekki til LEAN. Virknistjóri á að sjá til þess að áætlunargerðir verktaka gefi nægan tíma til framkvæmda og prófunar tæknilegra kerfa.

Hönnun:

- Innleiða feril kerfisbundins frágangs í byrjun hönnunarferils fyrir hönnuð og ráðgjafa verktaka.
- Kynna kerfi fyrir samræmda merkingu og sjá til þess að allir hönnuðir fari eftir því kerfi.

- Sjá til þess að tæknileg kerfi verði hönnuð á fullnægjandi hátt og þá sérstaklega með gangsetningu og prófun í huga. Virkni kerfa á að fylgja hönnunarsvæðum teikninga þar sem það er mögulegt.
- Gæðaskoða gagnalista frá hönnuðum tæknilegra kerfa og fylgja því eftir að rétt gögn komi inn í verkið á réttum tíma og með rétt gæði.
- Vera virkur þáttakandi á hönnunarfundum verktaka og á fundum kerfisbundins frágangs sem haldin er af RKF.
- Halda sérfundum fyrir kerfishönnun eins og til dæmis:
 - o Hönnun brunakerfa
 - o Hönnun öryggiskerfa
 - o Hönnun hússtjórnarkerfa
 - o Gæðaskoðun á gögnum sem stjórna virkni kerfa.
- Útbúa kerfislista yfir öll tæknileg kerfi byggingarinnar.
- Útbúa gögn fyrir samræmda virkni á milli kerfa.
- Sjá til þess að verktakar og hönnuðir kynni RKF stöðu hönnunar á virkni áður en framkvæmd á verkstað hefst.
- Halda þurrprófun (Table test*) á flóknum ferlum sem virka á milli kerfa.
 - o *Table test: samræmd kerfisprófun á gögnum, hægt sé að lesa sig fram til virkni á öllum kerfum.

Framkvæmd á verkstað:

- Halda fundum og fylgja eftir kerfisbundnum frágangi
- Aðstoða aðalverktaka í afgreiðslu á kröfum frá tæknilegum verktökum.
- Útbúa áætlun fyrir alla prófun kerfa út í frá aðaláætlun RKF.
- Útbúa áætlun fyrir kennslu á öllum tæknilegum kerfum sem verkkaupi og notendur eiga að fá fyrir afhendingu.
- Útbúa gögn fyrir prófun á heildarvirkni öryggiskerfa.
- Safna gögnum fyrir rekstrarhandbók mannvirkis.

Prófunarferill og úttektir:

- Virknistjóri þarf að vera til staðar þegar kerfi eru gangsett og prófuð og á að fylgja því eftir að allir gallar séu leiðréttir áður en ný prófun er gerð.
- Virknistjóri gæðaskoðar öll gögn sem koma frá verktökum eftir prófanir kerfa.
- Virknistjóri þarf að vera til staðar við allar prófanir á samræmdri virkni milli kerfa.
- Virknistjóri stendur fyrir prófun á heildarvirkni öryggiskerfa.
- Virknistjóri heldur fundum og gæðaskoðar stöðugleika og frammistöðu tæknilegra kerfa sem verða fyrir áhrifum veðurs.
- Virknistjóri gæðaskoðar öll gögn frá tæknilegum verktökum sem verða hluti af verklokaúttekt.