

# BLOCKCHAIN I BYGGERIET

BLOXHUB White Paper





## KOLOFON

Dette white paper er udgivet af BLOXHUB. Paperet er skrevet på baggrund af et Match & Create forløb i BLOXHUB, gennemført i januar 2019. Her analyserede teknologileverandører og virksomheder fra hele byggeriets værdikæde mulighederne for at anvende blockchain til at forbedre byggeriets processer og produkter. Forløbet blev ledet af HD Lab, som ligeledes er hovedforfatter til dette paper med sparring fra de deltagende parter samt Smith Innovation og BLOXHUBs sekretariat. BLOXHUB har stået for layout.

## FORORD

Byggeriet er en stor branche i vækst. Men også en branche med en række udfordringer; så som produktivitetsudvikling, indtjening og eksport.

Heldigvis er der store potentialer for forbedring på en række af områderne: Hvordan kan vi reducere spild? Hvordan kan vi forbedre arbejdsmiljøet? Hvad skal der til for at øge kvaliteten i det afleverede byggeri? Hvordan forbedrer vi bedst indtjeningsevnen? Og hvordan sikrer vi samtidig, at vi mindsker det ressourcemæssige aftryk, både når der bygges, i driften og i re- og upcycling af byggeriet?

Den hidtidige digitalisering har kun i begrænset omfang afhjulpet dette. Den har især omhandlet de projekterende led og gennemsyrrer ikke hele værdikæden i en sammenhængende struktur.

Derfor er det værd at undersøge nye digitale muligheder.

Blockchain er det nye dyr i skoven. En teknologi, der i det store og hele er gået uden om byggeriet indtil videre. Det gør det oplagt at se på blockchains potentialer i branchen. Ikke mindst for BLOXHUB, som arbejder for at skabe bæredygtigt byggeri og byer med ny teknologi som et centralt virkemiddel.

Kommer blockchain så til at revolutionere alt og alle i byggeriet? Næppe – især ikke til en start. Blockchain er en lokal strategi, der, modsat tidligere digitaliseringsbestrebelse ikke behøver at omfatte alt og alle. Der er ikke én – men mange måder at anvende blockchain på i byggeriet. Og vi skal af samme grund også vænne os til, at udviklingen i byggeriet kommer til at foregå i flere tempi.

Denne lille hvidbog bygger på indsigter fra et af BLOXHUB's såkaldte Match & Create forløb – en række dybdegående innovationsworkshops med deltagelse fra teknologileverandører og nøgleaktører fra hele byggeriets værdikæde.

I BLOXHUB har vi valgt at trykke denne hvidbog, fordi vi gerne vil brede den viden ud, som blev skabt på forløbet. Forhåbentlig kan den være med til at anspore til videre udvikling.

Tak til HD Lab og de øvrige parter for deres store indsats både i forløbet og i udarbejdelsen af denne udgivelse.

God læselyst,  
Torben Klitgaard



## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>FORORD</b>	<b>2</b>
<b>INDHOLDSFORTEGNELSE</b>	<b>4</b>
<b>FORLØBET</b>	<b>6</b>
<b>DELTAGERE</b>	<b>7</b>
<b>INDSIGTER Gennem MATCH &amp; CREATE FORLØBET – KORT FORTALT</b>	<b>8</b>
• Hvorfor blockchain i byggeriet?	8
• Hvad er de ønskede effekter af at anvende blockchain i byggeriet?	9
• Hvem skal eje blockchain-løsningerne?	10
• Kriterier for gode use-cases i byggeriet	11
• Anbefalinger om blockchains i byggeriet	11
<b>BAG OM BLOCKCHAIN</b>	<b>13</b>
• Hvad er blockchain i korte træk?	13
• Blockchains anatomi	13
• Teknologisk modenhed	17
• Hvad kan blockchain bruges til?	17
<b>BYGGERIETS BLOCKCHAIN</b>	<b>21</b>
• Hvorfor er blockchain interessant for byggeriet?	22
• Hvilke effekter ønskes fra anvendelsen af blockchains?	24
• Ejer-problematikken	25
• Blockchain use-cases i byggeriet	26
<b>11 USE-CASES I BYGGERIET</b>	<b>29</b>
• Hvilken værdi kan skabes med blockchain i byggeriet?	31
<b>9 ANBEFALINGER OM BLOCKCHAIN I BYGGERIET</b>	<b>33</b>
• Et kig i krystalkuglen	35
<b>REFERENCER OG INTERESSANT LÆSNING</b>	<b>37</b>

## FORLØBET

Match & Create er en kerneydelse i BLOX-HUB. Kort fortalt er det et komprimeret udviklingsforløb, der består af en række dybdegående innovationsworkshops, som samler interessenter (virksomheder, vidensmiljøer, myndigheder m.m.) til i fællesskab og på tværs af fag at åbne løsningsrummet for udvikling af koncepter for en aktuel problemstilling inden for byggeri, byudvikling og det byggede miljø. Forløbene er kommercielt motiveret, dvs. at ambitionen er at skabe samarbejde og forretning mellem deltagerne.

For Match & Create forløbet om blockchain i byggeindustrien var formålet at skabe et fælles billede af, hvordan anvendelse af blockchain-teknologi kan implementeres som en tværgående teknologi, der understøtter samarbejdet mellem byggeriets aktører og sikre kvalitet i design, aftale, leverance og dokumentation. Gennem workshopforløbet med tværgående branchedeltagelse var målet

således på den ene side at skabe større indsigt i mulighederne for brugen af blockchain i byggeindustrien, og på den anden side at dele disse indsigter med resten af branchen.

Forløbet der har ledt op til dette white paper har været inddelt i fem udviklings-sessioner:

- Kick off arrangement med en åben invitation til branchen om at deltage i de inddragende og producerende workshops
- Opstartsworkshop med et kerneteam, der har været gennemgående på alle workshops.
- Workshop med teknologileverandører
- Workshop med aktører på tværs af byggeriets værdikæde
- Feedback-workshop med rammesættende aktører og vidensmiljøer

Kick off  
arrangement

Opstarts-  
workshop  
(Kerneteam)

Workshop  
(Tech-  
leverandører)

Workshop  
(Byggeriets  
værdikæde)

Feedback  
(Rammeskab-  
ende aktører/  
vidensmiljøer)

## DELTAGERE

### Kerneteam

- Niels Falk, CEO, HD Lab
- Rolf Büchmann-Slorup, Managing Director, HD Lab
- Ole Berard, Head of Digitalization, Zublin
- Mayes Ali, KS Koordinator, Zublin
- Salman Pay, Head of BIM, Niras
- Mie Wittenburg, Specialkonsulent, Smith Innovation
- Mikkel Thomassen, Partner og PhD, Smith Innovation

### Teknologileverandører

- Christian Lassen, Head of BIM and Blockchain, IBM
- Palle Almar Knudsen, Sales management, SAS Institute
- Ulrik Branner, Partner, GenieBelt
- Mads Bording, Executive Board, RIB
- Rolf Bjerre, tidligere hacker og folketingskandidat for Alternativet

### Byggeriets praktikere

- Gyrithe Salthorp, Adm. Direktør, Vilhelm Lauritzen Arkitekter
- Karsten Hjarsø, CEO, J. Jensen Group
- Jack Davis, VDC specialist, Niras
- Mikkel Lieberkind, Project Manager, MT Højgaard
- Sylvester Holm Knudsen, Computational BIM specialist, Enstoa
- Michael H. Nielsen, Direktør, Dansk Byggeri

### Rammeskabende aktører og vidensmiljøer

- Tine Holmboe, Chefkonsulent, Danske Arkitektvirksomheder
- Peter Fangel Poulsen, Afdelingschef, Realdania Byg
- Frederik Krogsøe, Chefkonsulent, DI Byg
- James Harty, Senior Lecture, Copenhagen School of Design and Technology
- Kim Haugbølle, Senior Researcher & PhD, Sbi

## INDSIGTER GENNEM MATCH & CREATE FORLØBET – KORT FORTALT

I dette afsnit følger et sammendrag af de indsigter, som Match & Create forløbet har resulteret i. Uddybende forklaringer findes i white paperets øvrige afsnit.

### HVORFOR BLOCKCHAIN I BYGGERIET?

Gennem de fem nævnte udviklingssessioner satte vi blockchain-teknologiens egenskaber over for byggebranchens overordnede udfordringer og muligheder, og følgende styrker ved brugen af blockchain i byggeriet blev identificeret:

- Blockchains er gode til at **håndtere mange forretningstransaktioner på mange niveauer**
- Blockchains er eminente til **etablering af chain of custody og historik**
- Blockchains er gode til at **dokumentere og strukturere ændringer og revisioner**
- Blockchains er designet til **autonome beslutninger i distribuerede netværk**
- Blockchains er bygget til at **håndtere eksponentielle problemer og datagenerering**
- Blockchains **indeholder valideret og ægte data, der ikke kan manipuleres**

- Blockchains **stiller åbne og sikre databaser til rådighed for brugerne**
- Blockchains **afkræver accountability af individer og validt data**

*Som teknologi er blockchain interessant for byggeriet, hvis den kan bruges til at løse branchens problemer og udfordringer, på en bedre måde end andre teknologier.*

## HVAD ER DE ØNSKEDE EFFEKTER AF AT ANVENDE BLOCKCHAIN I BYGGERIET?

Det står klart, at det at anvende blockchain-teknologi ikke automatisk skaber stor værdi i sig selv. Men blockchain-baserede løsninger, der er designet til at løse specifikke problemstillinger og skabe konkret værdi, vil have større sandsynlighed for at have en effekt. Vurderingen er, at effekt primært vil vise sig på følgende fire hovedområder:

- **Produktivitet:** Optimering af samarbejde mellem rådgivere i designfasen samt effektivisering af arbejdsgange og logistik på byggepladser
- **Kvalitet og brugertilfredshed:** Rettidig og dokumenteret inddragelse af bygherren i designfasen samt registrering af brugertilfredshed og bygningers performance i driftsfasen.
- **Cirkularitet:** Mulighed for tracking af materialestrømme samt effektivisering af produktion der mindsker ressourceforbrug og øger genanvendelse i hele bygningens levetid.
- **Internationalisering:** Effektivisering af den danske byggebranche som fremmer konkurrenceevne, digitalisering og dokumentation af arbejdsgange. Det muliggør, at danske

virksomheder i øget grad kan indgå i internationale leverance- og værdikæder med vægt på netop de ydelser, hvor dansk byggeri har sine komparative fordele.

*Blockchain har potentialet til at skabe impact på flere områder, men effekterne skabes af nye processer, bedre integration, højere transparens, bedre samarbejde og hurtigere hastigheder – og er ikke noget, der kommer automatisk af at man anvender blockchains.*

## HVEM SKAL EJE BLOCKCHAIN-LØSNINGERNE?

Blockchain-teknologien er netværksbaseret og har sine styrker i at løse et "community"-problem. Derfor er det også mest sandsynligt, at det er på tværs af en værdikæde eller et værdinetværk, at en blockchain-løsning har sit naturlige ejerskab. Der findes dog flere bud på, hvor ejerskabet kan placeres:

- **Offentligt ejet**, hvis blockchain baserer sig på data ejet af det offentlige
- **Udviklet af en enkelt dominerende aktør i værdikæden**
- **En konsortiemodel** hvor flere toneangivende virksomheder går sammen
- **Udviklet af en teknologileverandør**, der sælger løsningen til mange parter
- **Ildsjæle der får sat skub i udviklingen** - måske efterfulgt af kommercialisering
- **Andelskonstruktion**, hvor en forening eller større kreds af aktører der går sammen.
- **"Gratis" ydelse udviklet af en enkelt aktør**, som får adgang i den information, der genereres

*Ejerskabet må være afhængigt af det problem, som blockchainen løser – og den applikation den har. Det bør følge værdiskabelsen og værdikæden, så de, der får værdien, tager ansvaret og de, som leverer ind i systemet, bliver deltagere.*

## KRITERIER FOR GODE USE-CASES I BYGGERIET

Grundtanken i forløbet var, at hvis et antal gode og konkrete anvendelsesmuligheder for blockchain i byggeriet kan identificeres og beskrives af de tværgående kompetencer og roller, der deltager, så har teknologien et potentiale. Følgende kriterier for gode use-cases blev defineret:

- Vi skal gå efter problemer, der er store og komplekse samt løsninger, der er nye
- Løsningerne skal holdes oppe af transparens, samarbejde og sporbarhed
- Der skal være noget, der med fordel kan løses digitalt
- Løsninger, der tvinger forandring igennem og har stor værdi, skal prioriteres
- Løsningen skal skabe værdi i forhold til effektivitet, kundeværdi og nye muligheder

## ANBEFALINGER OM BLOCKCHAINS I BYGGERIET

- Forstå blockchain - vær en god bruger eller bestiller af en blockchain
- Ejerskabet afhænger af løsningerne – men i første omgang vil det naturlige

ejerskab ligge hos enten bygherrerne, producenterne, totalentreprenørerne eller eksterne teknologileverandører.

- Start med "use-cases" - find de konkrete anvendelsesområder, som blockchain med fordel kan bruges til at håndtere.
- Fokusér på det særlige ved blockchain - start med en afgrænset problemstilling, hvor blockchain skaber en klar effekt i stedet for at løse alle branchens udfordringer med én løsning.
- Find store og uløste anvendelsesområder - blockchain giver nye muligheder for at løse problemer, som andre teknologier ikke kan løse. Fokusér på de anvendelsesområder, som slet ikke håndteres i dag.
- Fokusér på værdien ikke teknologien Det handler ikke om at have en dyb teknisk indsigt i blockchain men om at bruge blockchain.
- Dataet skal være der – eller skal indsamles. Blockchain er en teknologi til at håndtere data, ikke til at skabe dem. Det er stadig afgørende at der er tilgængelige og pålidelige data.
- Husk alt det rundt om teknologien. Det er vigtigt, at der er de nødvendige kompetencer til at håndtere den, og at

teknologien ikke er alt for fremmedartet. Indførelse af blockchain er i høj grad afhængig af gennemtænkte brugerflader og implementering.

- Tænk stort, men start småt og hav overblik over hvad det kræver, risiciene og den ønskede værdi. Værdien af at anvende blockchain-teknologien er proportional med omfanget af implementering og anvendelse.



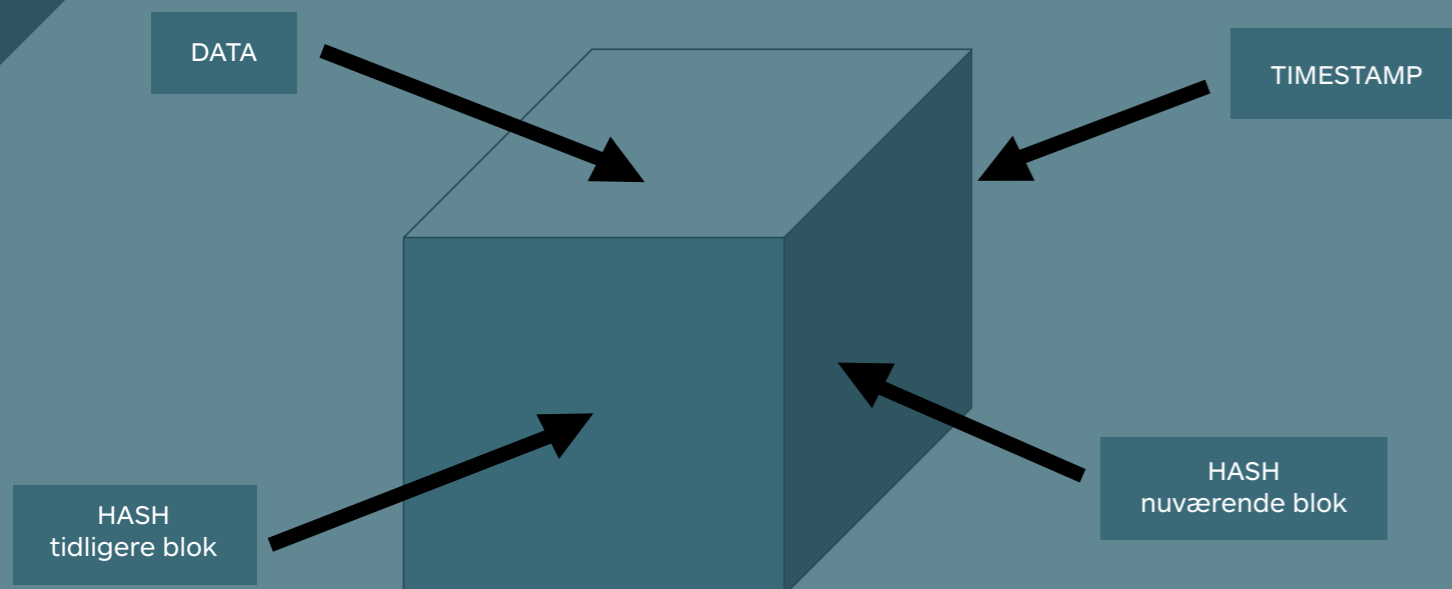
## BAG OM BLOCKCHAIN

### HVAD ER BLOCKCHAIN I KORTE TRÆK?

En "blockchain" er en voksende liste af komplekse poster, grupperede i blokke af data, der er koblet med kryptografi. Hver blok indeholder en reference til foregående blok, et tidsstempel og transaktioner. I praksis bliver en blockchain til en åben og distribueret journal, som kan registrere transaktioner mellem flere parter i et netværk – og overholde protokoller for oprettelse af nye blokke og verifikation af indholdet – selv i meget komplekse transaktionsnetværk med mange parter og blokke.

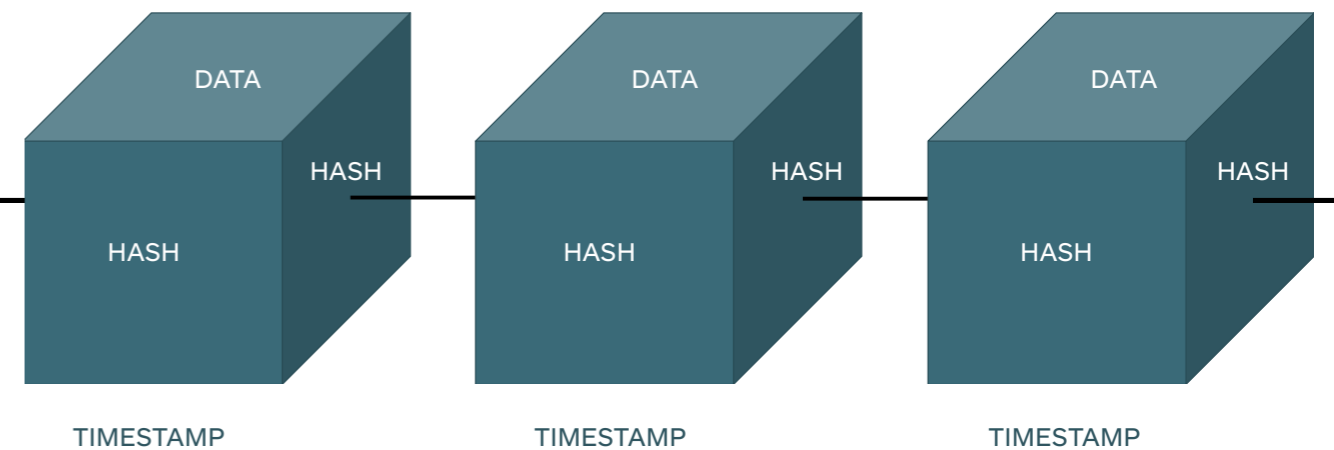
### BLOCKCHAINS ANATOMI

En blockchain kan anskues som en database med en specifik struktur og et sæt ubrydelige spilleregler. Holder man sig ikke til strukturen eller spillereglerne, så er det ikke en blockchain men blot en database...



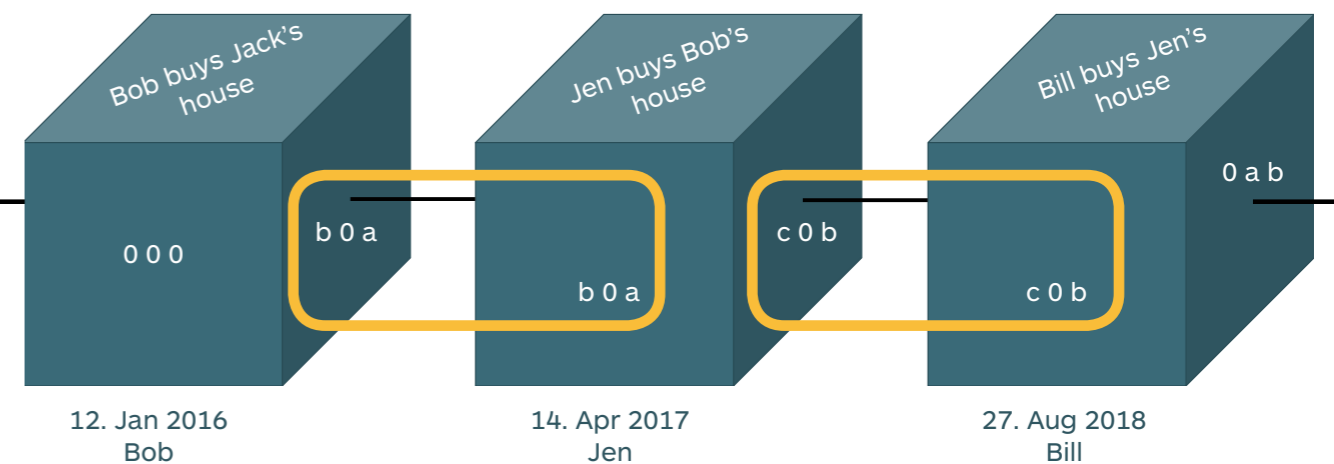
En central komponent er blokken. En "block" er principielt set en digital kasse, som der er hældt data i. Blokken i blockchains er karakteriseret ved også at have et stempel på, som siger noget om, hvornår blokken er oprettet - og som regel

også af hvem og hvordan. Blokken er forsynet med to "hash's". Den ene er blokkens unikke navn - og den anden er den foregående bloks unikke navn. Ved hjælp af disse hash's kædes blokkene sammen efterhånden, som de oprettes af brugerne.



Der opbygges en kæde af data, hvor udviklingen af dataet vil skabe nye blokke i stedet for at overskrive data, som man gør i en traditionel database. Et eksempel på, hvor en sådan datastruktur er fordel-

agtig, er kommercielle transaktioner. Fx kan hushandler registreres, så ejerskab og ejerskifte altid er entydigt bestemt, og historikken er etableret med sammenkædningen af blokkene.





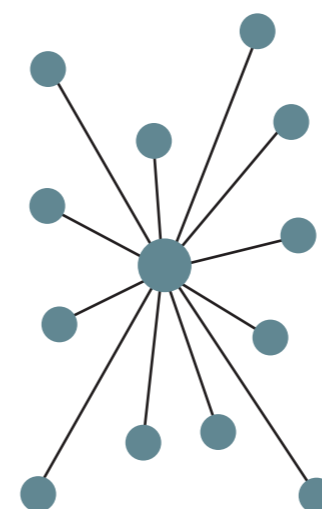
Dermed kan der etableres et system, der kan fremvise "single source of truth". Dette skyldes, at man ikke opdaterer sit data ved at ændre i blokken, men ved at tilføje en ny. Så et hvert datainput bliver gemt, og historikken kan altid etableres. Dette sikres med, at hvis man får adgang til en blok og ændrer i dataet, så bliver blokkens hash automatisk ændret, og kæden knækker. Således kan det altid ses straks, at nogen har prøvet at pille ved data eller hacke systemet.

En principiel del af blockchain teknologien er derfor, at man etablerer en digital hovedbog – en såkaldt "ledger" – der i princippet virker som en klassisk kirkebog, hvor alle data er samlet et sted, og alle ændringer er synlige for alle.

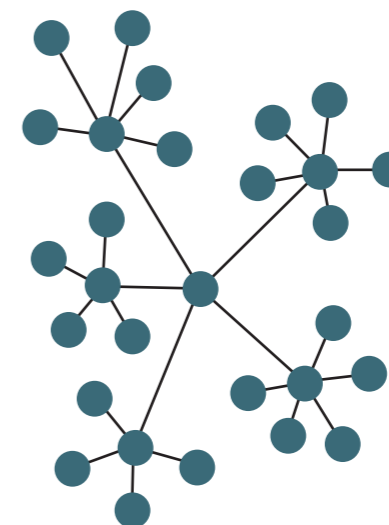
Men i blockchain-teknologien går man skridtet videre og benytter den digitale mulighed for at distribuere en kopi af hovedbogen til alle brugerne. Det er således ikke en central hovedbog som cpr-registeret eller en decentral hovedbog som kirkebøgerne – men en total distribueret hovedbog, hvor alle involverede har en opdateret kopi.

Det betyder, at alle brugere har sin egen 1:1 kopi af blockchainen liggende lokalt, hvilket betyder, at alle altid har adgang til den opdaterede information.

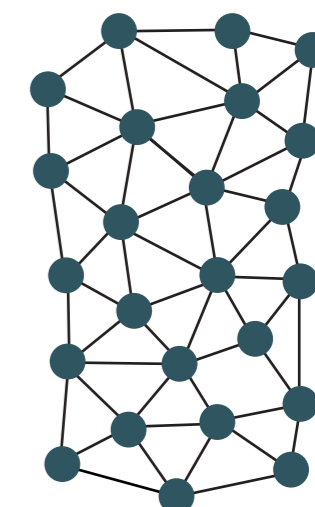
Hver gang der lægges nyt data i blockchainen, så opdateres den i samtlige kopier hos samtlige brugere. Dette giver samtidig mulighed for at samtlige brugere validerer, at de nye blokke der skabes, når nogen lægger nyt data i kæden er sand. Denne peer-to-peer godkendelse af blockchainen hver gang den opdateres, koster selvfølgelig noget tid men er som regel automatisk og regelbaseret.



Centraliseret netværk



Decentraliseret netværk



Distribueret netværk

For at sikre at data ikke nødvendigvis kan læses af alle, så er blockchains ofte krypterede. Dvs. at der anvendes en krypteringsnøgle, som kendes fx af de to parter, der står bag transaktionen – fx køber og sælger af ejendommen fra eksemplet. Således kan data i en åben og offentlig tilgængelig blockchain sikres, så det er fortroligt samtidig med at validitet og tilgængelighed er garanteret.

Selvom strukturen og spillereglerne er spektakulære, så ender blockchains med at se relativt "kedelige" ud. Åbner man låget på en blockchain, ligner det et

ordinært datasæt i en database, men det er strukturen, genereringen og administrationen af dataet, der er bemærkelsesværdig.

## TEKNOLOGISK MODENHED

Blockchain-konceptet med den distribuerede hovedbog blev formuleret af Satoshi Nakamoto i 2008 – og året efter blev den implementeret som et kerneelement i den digitale valuta BitCoin.

Blockchain er eminent til såkaldte kryptovalutaer, da det giver mulighed for at sikre mod fejl- og dobbeltudbetalinger samtidig med, at det skærer den centrale database og de betroede mellemhandlernes – altså bankerne - ud af processen. Efterfølgende har BitCoin haft en eksplosiv udbredelse. Selvom kryptovalutaer er den oprindelige og bredeste anvendelse af blockchain-teknologien, så har det inspireret til anvendelse af teknologien i andre brancher og områder.

En stor del af udviklingsarbejdet med blockchain er foregået i open source-miljøet. Mest prominent blandt disse er Hyperledger, der er open-source og udviklet i LINUX-miljøet.

Der findes i dag en række teknologisk modne muligheder for at arbejde med blockchains. Fx har IBM-løsninger i Hyperledger og SAP Hana samt Microsoft Azure arbejdet med blockchains, så kommercielle løsninger ligger tilgængeligt og kan anvendes til at udvikle konkrete blockchains.

## HVAD KAN BLOCKCHAIN BRUGES TIL?

Blockchain har allerede en række anvendelsesmuligheder i praksis. Den mest kendte er nok anvendelse til kryptovalutaer, men der findes inspirerende cases fra andre brancher, hvor der er skabt bemærkelsesværdige resultater med blockchain-teknologi.

### Bitcoin

Den digitale valuta BitCoin er nok den mest berømte applikation af blockchain. BitCoin er bygget til at være et digitalt online betalingssystem, hvor man skabte en online valuta, der kunne bruges uden om nationalbanker, mellemhandlere eller banker. Dermed er det også en global valuta, der ikke er reguleret eller styret af love og myndigheder. BitCoin er baseret på blockchain-teknologi og reelt set blev teknologien udviklet netop til dette formål.

### Chain of custody

Walmart i USA har hævet deres fødevareresikkerhed ved at indføre en blockchain til at dokumentere deres forsyningskæde på frugt og grønt, så man ved et opslag kan identificere oprindelse af en vare fra køledisken ned til planteniveau på 2 sekunder. Dette var en øvelse, der tidligere tog op til 7-8 dage for et undersøgelsesteam at etablere.

## Procesoptimering

IBM har brugt en intern blockchain i virksomheden til at reducere leveringstid for servere fra 45 dage til 10 dage ved at vende ”træk” til ”tryk” og fjerne ”hard stops”.

## Logistik

Mærsk blev en pioner i blockchain, da de lancerede deres logistikløsning TradeLens i 2018. Omkring 100 virksomheder og organisationer er tilknyttet systemet, der er baseret på en blockchain. Ambitionen er at skabe en digital platform, hvor man deler al information, når en container flyttes. Platformen kan digitalisere mange af de ting, som i dag foregår fysisk dvs. papirer, stempler og underskrifter. Samtidig skal det give transparens ved at give aktørerne adgang til flere informationer.

## Kundetilfredshed

Pizza-kæden Dominos har en blockchain baseret pizza-tracker, der løbende informere kunden om, hvor i processen produktet er. Systemet har været en central del af at styrke leverancepræcisionen og hæve Dominos kundetilfredshed med 15% point.

## Forebyggelse af svindel og kriminalitet

Handel med diamanter er forbundet med risici på diamantens oprindelse. De

såkaldte konfliktdiamanter eller stjålne diamanter har i årevis været i cirkulation. For at sikre mere lødighed og sporbarhed i diamanthandel blev Kimberly Process Certification Scheme udviklet. Det er en valideringsproces og et samarbejde mellem FN, 81 nationer, 54 leverandører og en række organisationer og virksomheder. Processen påstås at have stoppet 99,8% af ulovlige diamanthandlere. TRACR leverer en blockchain-løsning, der dokumenterer oprindelse, autenticitet og sporbarhed for diamanter og dermed automatiserer processen og på sigt bygger en oversigt over alle de diamanter, der handles på kloden.

## Byggeriets data-lag

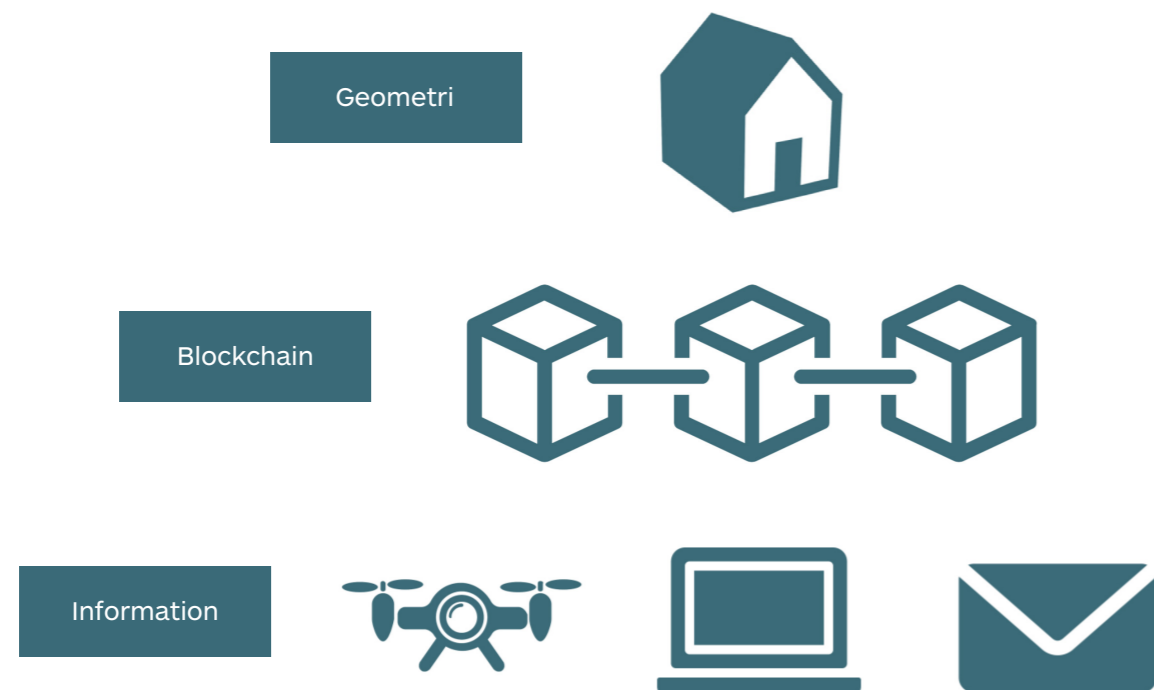
For byggebranchen er der en række potentielle anvendelsesmuligheder i håndteringen af de komplekse strukturer i projektgrundlaget og dokumentationen fra eksekveringen af projektet. Byggeindustrien er i dag gennemsyret af konflikter og disputser. En del af disse kan konkretiseres og elimineres med en bedre dokumentation af styring af design, aftale og udførelse – og ikke mindst den strukturerede sammenkobling af disse.

Ser man på de seneste års digitalisering af byggebranchen, så har udbredelsen af IT og BIM/CAD resulteret i, at geometri og information er blevet digitaliseret. Der er digitale tegninger, fotos, dokumenter og korrespondancer på de fleste byggesager – uanset om de er store eller små.

Men selvom der er meget digital information, så er der typisk ikke meget digi-

talt data opsamlet i en byggesag. Det er som regel fanget i geometri, fotos eller dokumenter og er derfor ikke søgbart eller anvendeligt.

Med blockchains er der en potentiel mulighed for at bygge data-lag i værdikæden, på byggeprojekter og for det enkelte bygværk.



## BYGGERIETS BLOCKCHAIN

Byggebranchen er globalt i vækst, men i Danmark er branchen bagud på produktivitetsudvikling, indtjening og eksport. Selvom branchen er på vej mod at udgøre 12% af BNP, er branchen over 20 år gået fra at dække hjemmemarkedet og have eksportkapacitet til at være en branche med store mængder import og lav grad af eksport.

Samtidig oplever byggebranchen, ligesom resten af samfundet, et voksende udbud af ny og nyttig digital teknologi. Branchen kan de seneste år se på en gevaldig udvikling inden for mobilteknologi, digitale bygningsmodeller og BIM, digital filudveksling og kommunikation, GPS-teknologi, fotos og scanninger – og kan se ind i en fremtid med fx 3D-print, robotter, AI, selvkørende materiel m.m.

*Som teknologi er blockchain interessant for byggeriet, hvis den kan bruges til at løse branchens problemer og udfordringer på en bedre måde end andre teknologier.*

Anvendelsen af blockchain i byggeriet skal derfor ses i et markeds-mæssigt og teknologisk perspektiv med respekt for andre temaer i branchen, som fx:

- Et stigende fokus på bæredygtighed
- Lav produktivitet og faldende kapacitet
- Lav grad af digitalisering og lave investeringer i ny teknologi
- Branchens kommercielle svagheder med lav indtjening og mange konkurer
- Den høje risiko der er tilknyttet byggeprojekter
- Branche-glidning – nye udbudsformer, nye forretningsmodeller, nye organisationer

Formålet med Match & Create forløbet i BLOXHUB var i høj grad at undersøge om blockchain-teknologien kunne hjælpe med at løse nogen af branchens problemstillinger, forbedre produktivitet, indtjening, risikoprofiler og bæredygtigheden samt sikre værdien i bygværket forstået i bredeste forstand.

Dette blev afsøgt gennem at stille fire spørgsmål til deltagerne i de fem workshops:

- Hvorfor er blockchain en særlig god idé i byggebranchen?
- Hvad kan det specifik bruges til, hvor det skaber fordele og værdi?
- Hvilken værdi og effekt kan det skabe?
- Hvordan anbefales branchen at arbejde videre med blockchain?

Således var forløbet en proces, hvor der gennem en iterativ idegenerering, debat og problemudveksling samt potentiale-vurdering blev etableret et fundament for videre diskussion og arbejde.

### HVORFOR ER BLOCKCHAIN INTERESSANT FOR BYGGERIET?

Blockchain er en meget hypet teknologi, der af flere er udråb til at være den største revolution siden internettet. Måske er det netop derfor, der også er en vis skepsis forbundet med potentialet af teknologien.

I de indledende workshops blev der taget et dyk ned i teknologien samt branchens udfordringer og muligheder for at identificere de steder, hvor det kan forventes, at blockchain med fordel kan anvendes til at møde nogen af branchens

specielle behov og forudsætninger. Undervejs i den proces blev identificeret de særlige styrker, som blockchain har i forhold til byggebranchen:

- Blockchains er gode til at **håndtere mange forretningstransaktioner på mange niveauer** – og byggeprojekter har typisk et stort antal aktører med mange transaktioner.
- Blockchains er eminente til **etablering af chain of custody og historik**, som på et projekt i dag er yderst kompliceret – men meget attraktivt både i forhold til kommercielle aspekter, som kvalitet, bæredygtighed og generel styring og dokumentation.
- Blockchains er gode til at **dokumentere og strukturere ændringer og revisioner**. Byggeprojekter er karakteriseret ved konstant forandring og ændring af aktiviteter, design, og taler i et dynamisk miljø, som gør hvert projekt unikt.
- Blockchains er designet til **autonome beslutninger i distribuerede netværk**, så det matcher byggeriets organisering med netværks-organisationer og autonomi bedre end et hierarkisk system. Således passer blockchains i kaotiske og autonome miljøer.

- Blockchains er bygget til at **håndtere eksponentielle problemer og datagenerering** og kan dermed indeholde de store mængder komplekse data, som en byggesag genererer henover design, produktion og drift.
- Blockchains **indeholder valideret og ægte data, der ikke kan manipuleres**, hvilket er en mangelvare i byggebranchen i forhold til at dokumentere leverancer og fremskaffe troværdig dokumentation ved disputser og konflikter.
- Blockchains **stiller åbne og sikre databaser til rådighed for brugerne**, hvor alle har adgang til deres data, når de har brug for det.
- Blockchains **afkræver accountability** af individer og validt data.

Netop disse aspekter af blockchain tegner en karakteristik af en teknologi, der synes at passe godt til byggeriet. Blockchain har sine styrker i valideret dataudveksling mellem ligestillede parter, der håndterer ændringer, eksponentiel vækst i data og transaktioner i autonome netværk. Blockchain-teknologiens evne til automatisk og systematisk at opsamle og fasholde data skabt i forsyningskæde kan skabe synlighed og kvalitet på tværs af virksomhedsgrænser. Og kan dermed

blandt andet modvirke byggebranchens udfordringer med at dokumentere aftaler, design, processer og produkter.

I og med blockchain benytter sig af en distribueret netværksstruktur, kan information udveksles på kryds og tværs mellem mange noder og behøver ikke at gå gennem få enkeltstående noder som i et centraliseret og hierarkisk netværk. Dette svarer på mange måder til, hvad der i praksis sker i byggeriet, også selv om de formelle aftale- og kontraktforhold antyder, at informationsudvekslingen burde ske hierarkisk.

#### HVILKE EFFEKTER ØNSKES FRA ANVENDELSEN AF BLOCKCHAINS?

Den generelle konsensus fra forløbets workshops var, at der ikke var nogen nemme sejre. Så det at anvende blockchain-teknologi vil ikke automatisk skabe stor værdi i sig selv. Men blockchain-baserede løsninger, der er designet til at løse specifikke problemstillinger og skabe konkret værdi, vil have større sandsynlighed for at have en effekt – og dette kan primært skabe på følgende fire hovedområder:

- Produktivitet: Optimering af samarbejde mellem rådgivere i designfasen samt effektivisering af arbejdsgange og logistik på byggepladser.

*Blockchain har, med andre ord, potentialet til at skabe et impact på disse fire områder, men effekterne skabes af nye processer, bedre integration, højere transparens, bedre samarbejde og hurtigere hastigheder – og er ikke noget, der kommer automatisk af at man anvender blockchains.*

- Kvalitet og brugertilfredshed: Rettidig og dokumenteret inddragelse af bygherren i designfasen samt registrering af brugertilfredshed og bygningers performance i driftsfasen.
- Cirkularitet: Mulighed for tracking af materialestrømme samt effektivisering af produktion, der mindsker ressourceforbrug og øger genanvendelse i hele bygningens levetid.
- Internationalisering: Effektivisering af den danske byggebranche som fremmer konkurrenceevne samt digitalisering og dokumentation af arbejdsgange, som muliggør at danske virksomheder i øget grad kan indgå i internationale leverance- og værdikæder med vægt på netop de ydelser, hvor dansk byggeri har sin komparative fordele.

## EJER-PROBLEMATIKKEN

Blockchain-teknologien er netværksbaseret og har sine styrker i at løse et "community"-problem. Og selvom der er organisationer, der er så store, at de har den type behov, så er det mere sandsynligt, at det er på tværs af en værdikæde eller et værdinetværk, at en blockchain-løsning skaber værdi.

Dermed bliver ejerskabet og ansvaret for at udvikle, lancere, drive og kommercialisere en blockchain-løsning kompliceret af, at der ikke findes et naturligt ejerskab i den eksisterende struktur i byggebranchen.

Hvem skal eje blockchain og tage ansvar for udvikling og implementering? Ser man på andre brancher, så er der et antal muligheder, som kan være relevante for byggebranchen:

- **Offentligt ejet**, hvis blockchain baserer sig på data ejet af det offentlige, og hvor det offentlige har stor interesse i fælles pålidelige data eller, hvor det offentlige har ansvaret for at holde dataet beskyttet
- **Udviklet af en enkelt dominerende aktør i værdikæden**, der gradvist gør løsningen til den gældende i branchen som eksemplet fra Walmart indenfor fødevarer

- **En konsortiemodel** hvor flere toneangivende virksomheder går sammen og udvikler og ejer løsningen sammen, som man f.eks. har set det inden for bankverden i udviklingen af metoder til at håndtere betalingskorttransaktioner
- **Udviklet af en teknologileverandør**, der sælger løsningen til mange parter
- **Ildsjæle der får sat skub i udviklingen** - måske efterfulgt af kommercialisering
- **Andelskonstruktion**, hvor en forening eller større kreds af aktører går sammen.
- **"Gratis" ydelse udviklet af én enkelt aktør**, som får adgang i den information, der genereres gennem blockchainen

Spørgsmålet om, hvem der er den rette ejer, og hvordan den kommercielle forretningsmodel for blockchains skal se ud i byggebranchen, blev taget op i samtlige workshop i forløbet. Den generelle konsensus var, at ejerskabet må være afhængigt af det problem, som blockchainen løser – og den applikation den har. Det bør følge værdikæden og værdikæden, så de der får værdien, tager ansvaret, og de som leverer ind i systemet, bliver deltager.

## BLOCKCHAIN USE-CASES I BYGGERIET

Grundtanken i forløbet er, at hvis et antal gode og konkrete anvendelsesmuligheder for blockchain i byggeriet kan identificeres og beskrives af de tværgående kompetencer og roller, der deltager, så har teknologien et potentiale.

Men hvad er gode use-cases i denne sammenhæng? Som resultat af de første tre workshops, var følgende kriterier defineret:

- Vi skal gå efter problemer, der er store og komplekse samt løsninger, der er nye – og ikke at forbedre eksisterende løsninger
- Løsningerne skal holdes oppe af transparens, samarbejde og sporbarhed, der er blockchains styrker
- Der skal være noget, der med fordel kan løses digitalt, og hvor det digitale kan bruges i anden sammenhæng
- Løsninger, der tvinger forandring igennem og har stor værdi, skal prioriteres. Dog skal løsningerne være sandsynlige både teknisk og implementeringsmæssigt.
- Løsningen skal skabe værdi i forhold til effektivitet, kundeværdi og nye muligheder – gerne bemærkelsesværdig

meget værdi – i forhold til eksisterende praksis.

I de indledende workshops blev i alt 56 anvendelsesmuligheder for blockchain i byggeriet identificeret. For hver af dem blev tilknyttet en use-case, og der blev evalueret kvalitativt ud fra fire spørgsmål, som blev opstillet af deltagerne: for at vurdere potentialet i den identificerede ide:

- Hvilken værdi tilføres?
- Hvad kræver det at implementere?
- Hvad er de største barrierer?
- Hvor ligger ejerskabet?

Ud fra de fire spørgsmål, blev der foretaget en sortering af de identificerede anvendelsesmuligheder. Så de 56 identificerede mulige anvendelsesområder skal ikke ses om et udtømmende løsningskatalog – men mere som den udmøntning af, hvad deltagerne kunne forestille sig, at blockchain reelt set kan løse af eksisterende udfordringer.

Den indledende afsøgning af mulig anvendelse afdækkede dermed en række cases, som blev parkeret, da værdien var for lille eller for kompleks at fremdrive – eller hvis potentialet kunne udløses med en anden teknologi lige så nemt eller nemmere. De anvendelser, som blev diskuteret, men parkeret i første omgang var:

- Smarte bygherrekontrakter
- Smarte entreprenør- og leverandørkontrakter
- Smarte betalinger
- Digital bygge-valuta
- Digital tvilling
- Chain of custody for alle dele af en bygning
- Identity management
- Hvem har læst hvad i hvilken udgave
- Risikoregister
- Anti-fraud
- Micro-finansiering
- Udbud
- Validering mod lokalplan
- Salgslistings af ejendomme
- Materiel bruger, stand og location
- Utility rate på software, hardware og

materiel

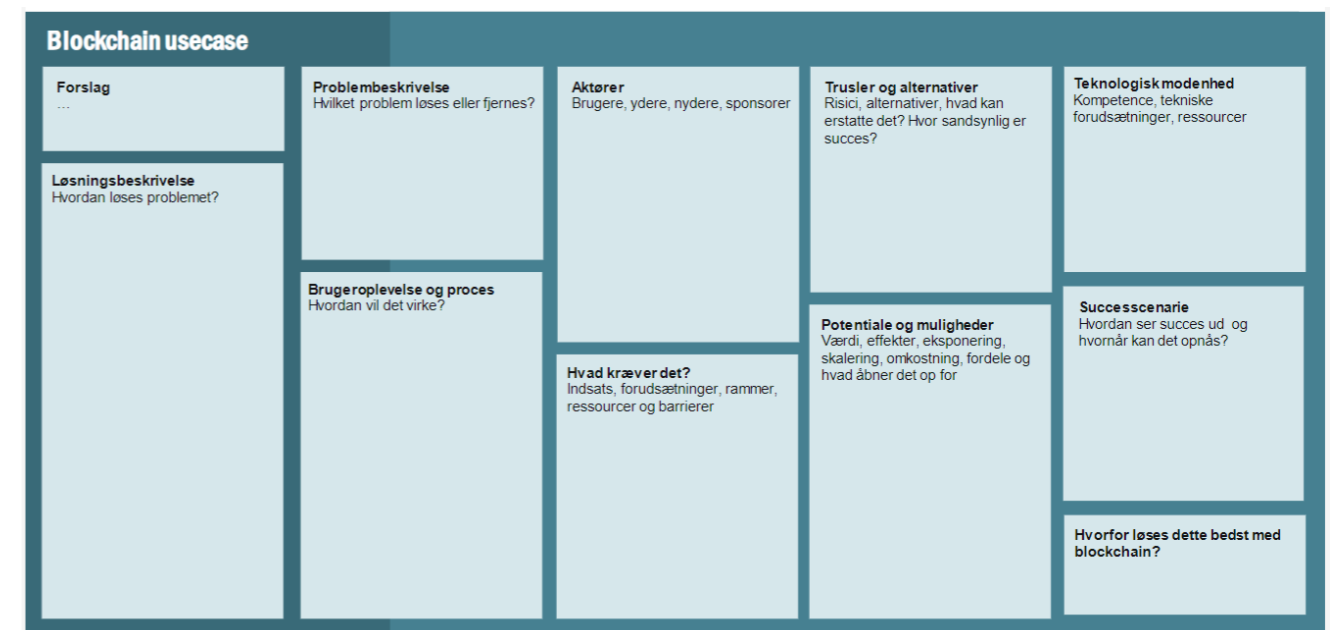
- Asset management kontor og bolig
- BR og tilstandsrapporter
- Claims
- Projekt leverandørstyring
- Validering mod bygningsreglement
- Voldgifts informationsindsamling
- Indsamling af landmålerdata
- Dataindsamling fra automatiseret overvågning
- Kundetilfredshedsmålinger
- Tidsregistrering på projekter
- Betalingstracking
- Korrespondancer
- Tilbudslistor
- Job-done
- Bygværksregistrering
- D&V status
- CTS indkøring
- Hvad har vi fotos af
- Arbejdsmiljø observationer
- Pull-planning
- Projekt to do list
- Smart byggeplads app
- Vurdering og måling af stade

- Digital vs virkelig
- Projekt styklister
- Kollisioner, udredning og status
- Validering af leverandørdata og -status

De resterende anvendelsesområder blev videre udviklet, vurderet og beskrevet vha. en A3-use-case-skematik, som blev udviklet i forløbet. Skematikken afkrævede en række mere detaljerede spørgs-

mål, svar og vurderinger.

Resultatet af denne anden iteration blev en beskrivelse af 11 potentielt værdifulde, realistiske og interessante anvendelsesområder for blockchain i byggeriet. Disse skal ses som markører for teknologiens potentiale i byggebranchen, da de i evalueringen blev vurderet til at være løsninger, der er værd at udvikle i branchen.



## 11 USE-CASES I BYGGERIET

### Bygherrens beslutningsplan

- Blockchain for dokumentation af beslutninger – block 000 er beslutning om igangsættelse. Der oprettes et sæt standard beslutnings-blocks til bygherren som start.
- Der kan oprettes beslutninger løbende og deres status, verificering, action, godkendelse m.m. inkl. økonomi kan trackes.

### Modelbaseret ændringshåndtering

- Registrering af ændringer i modelbaseret design gennem versionsregistrering med mængder.
- Projektets BIM skygges af en baggrundsapp, der logger relevante ændringer i modellerne i forhold til roller og faser.
- Når der versioneres, skrives en block, der indeholder modelinfo og status for accept af ændringer.

### Logistik og chain-of-custody

- Etablering af en blockchain, hvor produkter, leverancer, komponenter og materialer registreres med deres lokation, hvem der har dem i hænde, deres tilstand og forventet action.
- Smart contracting ved overdragelse, hvor der kvitteres og gives vidnesbyrd.

### Fremdrift og færdigmelding af design

- Blockchain for registrering af designleverancer og deres status inkl. ændringer – så fremdrift måles i designets detaljering, konsistens, kvalitet og ikke kun i frembringelsen af tegninger.

### Chain of custody for cirkulære produkter

- Oprettes ved produktionen, så produktet og varedeklarationen er registreret.
- Potentielle genanvendelsesmuligheder og instruktioner for extraction logges. Udvikles under leverance og indbygning – og extraction/nedrivning.
- Kan anvendes til at søge efter produkter og materialer – samt virke som en ressourcebank over genanvendelige komponenter.

### Dokumentation til aflevering og bæredygtighedscertificering

- Blockchain til stakning og opsamling af dokumentation til afleveringsforretning og bæredygtighedscertificering gennem distribueret indsamling og verifikation ved ansvarlige.

### Bygnings-protokol for bygværket i dets levetid

- Løbende registrering af bygnings-

information ved ændringer eller screeninger. Kan indeholde as-built, målinger, tilstandsrapporter, laser-scans, BBR-informationer, registrering af håndværkerændringer og beboer ombygninger. Bygningspas.

### Issues management og incident tracking

- Registrering af hændelser, ulykker og uheld, nær-ved-afvigelser mm. Kan også anvendes over for forsikringselskaber og til risikovurderinger.

### Joblog - micro-transaktioner - hvem har lavet hvad, hvornår?

- Aftalesystem, der anvendes til at logge hvilke aftaler, der er indgået, hvem der har dem, og hvad deres status er. Kan køres app-baseret på timelønsniveau – evt. med betalingsfunktion ved verificeret gennemførelse af aktivitet.

### Asset Management for connected devices IOT

- Registrering af alle IOT devices, smart devices, sensorer, RFIDer, tags m.m. så status, placering, funktion m.m. er løbende kendt og systemet kan etableres

### Registrering af kunde- og brugeroplevelse

- Måling af kunde og brugertilfredshed gennem hele værdikæden, så der kan

måles på komponentniveau og over tid – løbende feedback, som kan stakkes i portefølje.

Disse elleve løsningsbeskrivelser er eksempler på, hvor det vurderes, at blockchain-teknologien kan skabe værdi for byggeriet med en teknologisk indsats, der er mulig og proportional. Havde workshopsene haft andre deltagere, så havde svarene sandsynligvis set anderledes ud. Men målet var at undersøge om blockchain unikt havde et potentiale til at løse nogen af branchen specifikke udfordringer.



## HVILKEN VÆRDI KAN SKABES MED BLOCKCHAIN I BYGGERIET?

Afslutningsvis blev der i forløbet evalueret på de elleve løsningers værdipotentiale. Hvad kan man forvente, at blockchain-teknologien kan levere til branchen, hvis løsninger som de identificerede bliver udviklet og lanceret i branchen med succes. Blandt det væsentligste blev følgende identificeret:

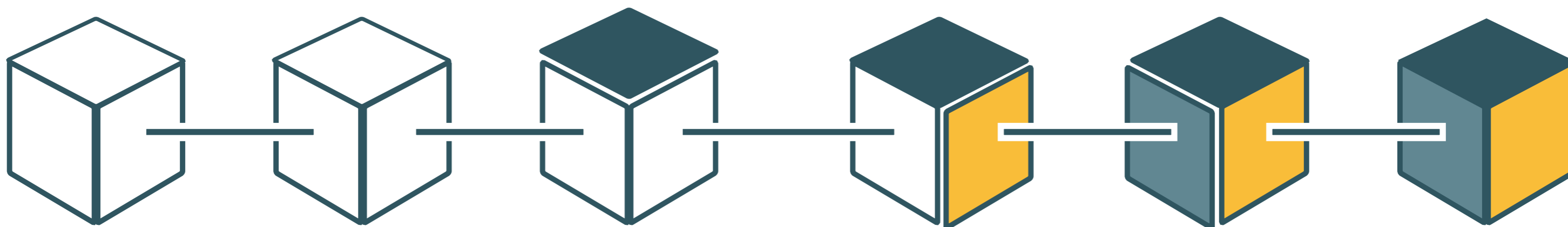
- Effektiv indsamling af data – også med mere automatiseret dataopsamling
- Holdbart data også om 100 år
- Data tilgængeligt med kendt status
- Datastruktur og tilgængelighed matcher den faktiske organisering
- System, som alle aktører kan have tillid til

- Entydig dokumentation af proces og produkt
- Optimering og strømlining af processer
- Mulighed for at samarbejde med flere
- Adgang og integration fra flere aktører
- Kan skabe et data-marked i branchen

Dette er ikke værdi, som kun kan opnås med blockchain. Men det er muligvis nemmere at opnå den type værdi med blockchain-teknologi end med konventionel teknologi.



Foto: Workshop i BLOXHUB, Smith Innovation



## 9 ANBEFALINGER OM BLOCKCHAIN I BYGGERIET

**Forstå blockchain.** For at forstå potentialet må man sætte sig ind i teknologien. Der kræver ikke en dyb teknisk forståelse for at blive en god bruger eller bestiller af en blockchain, men det er en fordel at kende de centrale principper, når man skal træffe beslutninger inden for domænet. Indsat bagerst i denne publikation er en liste over relevant læsestof.

**Ejerskabet afhænger af løsningerne** – men i første omgang vil det naturlige ejerskab ligge hos enten bygherrerne, producenterne, totalentreprenørerne eller eksterne teknologileverandører.

**Start med "use-cases".** Blockchain er som nævnt en lokal og decentral teknologi, som er velegnet til at håndtere bestemte typer af relationer. Det er derfor afgørende at finde de konkrete anvendelsesområder og use-cases, som blockchain med fordel kan bruges til at håndtere.

**Fokuser på det særlige ved blockchains.** Det er fristende at indtænke alle byggebranchens udfordringer i udformningen af en blockchain – at lave løsningen, der løser "det hele". Men dette indebærer en masse følgeinnovation og gør udviklingsprojektet omfattende. Start derfor med at finde den afgrænsede problemstilling, hvor blockchain skaber

en klar effekt, og hvor der i videst muligt omfang er sammenfald mellem, hvem der investerer i løsningen, og hvem der henter gevinsterne fra løsningen.

**Find store og uløste anvendelsesområder.** Blockchain vil som en ny teknologi blive modtaget med en sund portion skepsis. Og vil komme i konkurrence med eksisterende måder at håndtere data på. Måder, som isoleret set måske er mindre effektive, men som passer bedre til eksisterende praksisser og som kræver færre investeringer indledningsvis. Det er derfor afgørende at finde anvendelsesområder som slet ikke håndteres i dag, og som betragtes som et stort og afgørende problem.

**Fokuser på værdien ikke teknologien.** Det handler ikke om at have en dyb teknisk indsigt i blockchain men om at bruge blockchain. Blockchain er en underlæggende teknologi der understøtter dataudveksling. For alle andre end dem der skal udvikle og programmere blockchain-teknologien, er det ikke afgørende at man forstår præcis, hvordan den virker – det afgørende er, at der er et interface, der gør den let at bruge. Man behøver heller ikke at forstå, hvordan netbank virker for at kunne bruge den.

**Dataet skal være der – eller skal indsamles.** Blockchain er en teknologi til at håndtere data, ikke til at skabe dem. Det er stadig afgørende, at der er tilgængelige og pålidelige data, som blockchainen kan basere sig på. Det kan enten være data, der allerede er der eller som let kan genereres – eksempelvis ved øget bruger-registrering, automatisering eller sensorer.

**Husk alt det rundt om teknologien.** En ny teknologi gør det ikke i sig selv. Det er vigtigt, at der er de nødvendige kompetencer til at håndtere den, og at teknologien ikke er alt for fremmedartet. Indførelse af blockchain er i høj grad afhængig af gennemtænkte brugerflader og forandringsledelse. Og så skal vi være parate til, at ikke alle rykker lige meget og lige hurtigt. Det er en udvikling, der kommer til at ske i flere tempi – også fordi denne teknologi netop kan fungere lokalt og dermed ikke kræver en fælles udrulning som tidligere digitaliseringsbestræbelser

**Tænk stort, men start småt og hav overblik over, hvad det kræver, risiciene og den ønskede værdi.** Værdien af at anvende blockchain-teknologien er proportional med omfanget af implementering og anvendelse.

## ET KIG I KRYSTALKUGLEN

Søger man et perspektiv på, hvor blockchain-teknologien er på vej hen de næste 10-20 år, så virker det svært uforudsigeligt. Umiddelbart er der mange forskellige retninger, som teknologien kan udvikles i – og det virker ikke som om, der blandt eksperter, softwarehuse, konsulenter og forskere er enighed om, hvor det ender henne på mellemlang og lang sigt.

Der er dog en håndfuld forudsigelser, som går igen i de fleste kilder:

- **Teknologien får sandsynligvis to vækstbooms inden 2030.** Den ene vækstboom for blockchain er vi midt i – og der er ret stor konsensus om, at der over de næste 2-5 år vil ske en eksponentiel udbredelse af blockchains – og at det især vil ske på anvendelsesområder uden for kryptovalutaer, hvor den største anvendelse er i dag.
- Mange peger på at, **statslige og overstatslige ledgers bliver samfundets hovedbøger** – og der vil blive et antal institutionaliserede ledgers, der bliver gigantiske. Målet vil være entydighed, anti-kriminalitet og styring. Fx arbejder EU på at

lave en central ledger for banktransaktioner med SWIFT – og man kan også forestille sig centrale ledgers for persondata, biler, ejendomme, copyrights m.m.

- **Alle virksomheder og mennesker har et personligt blockchain ID.** I Danmark har vi godt nok NEM ID, som sandsynligvis kunne anvendes til meget af det, som man forestiller sig at et personligt blockchain ID kan, men det er unikt for vores land og for en nation der er en af de mest digitaliserede på kloden. En del peger på at et personligt blockchain ID kunne bygge et "global active directory" og samtidig erstatte ens nøgler til NEM ID, Facebook, Google og Amazon, som i høj grad anvendes som hovednøgler på nettet i dag.
- **De fleste finansielle og kommercielle transaktioner kører gennem en blockchain.** I det omfang teknologien fortsætter med at vise sig som effektiv i den finansielle sektor, forudser en del eksperter, at blockchain vil ligge i bunden af de fleste transaktioner om 10-20 år. Det interessante perspektiv i dette er måske ikke kun den øgede effektivitet og transparens i den finansielle sektor, men også hvordan man

kan hægte sig på diverse transaktionskæder – og om det kan afskaffe en masse ERP, fakturerings- og bogføringssystemer samt lede til en eksponentiel automatisering af virksomhedsøkonomi.

- **Blockchain bliver et teknisk begreb.** Denne tendens ses allerede i dag, hvor en del af de aktører, der arbejder med blockchain, har flyttet deres fokus fra at tale om blockchain løsninger til blot at tale om effektive løsninger. Efterhånden som teknologien modnes yderligere, vil vigtigheden af, at det er lavet med en specifik teknologi, blive mindre interessant.

## REFERENCER OG INTERESSANT LÆSNING

- Reinventing Construction: A route to higher productivity, McKinsey Global institute, Februar 2017
- BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY - Digital Transformation for High Productivity, Institution of Civil Engineers, December 2018
- Op og ned i blockchain-bonanzaen, Anders Birkman, Mandag Morgen, Oktober 2018
- Do you need a blockchain? Paper af Karl Würst & Arthur Gervais, 2017
- THOMSON REUTERS PROJECTS: Blockchain for Construction/Real Estate, 2019
- IT-anvendelse I virksomheder 2017: Virksomhedernes digitalisering. Danmarks Statistik 2017.
- CyptoBIM: Blockchain-Enabled and Cryptographic Building Information Modeling, Hesam Hamledari et al, CIFE Stanford, Seed 2018
- Making blockchain ready for business Increase trust, accountability, and transparency across your business networks, IBM, 2016
- The architecture, engineering and construction industry and blockchain technology, Iris Belle, Conference Paper · September 2017
- The Potential of Blockchain in Building Construction, Zakaria Dakhli et al, buildings journal, MDPI, Februar 2019
- Imagining Construction's Digital Future, By Rajat Agarwal, Shankar Chandrasekaran, and Mukund Sridhar, McKinsey & CO, June 2016
- Building a technology advantage. Harnessing the potential of technology to improve performance on major projects. Global Construction Survey, KPMG, 2016
- Blockchain potentialer I den offentlige digitale infrastruktur, Alexandra Institutet, Februar 2018
- GLOBAL BLOCKCHAIN BENCHMARKING STUDY, Dr Garrick Hileman & Michel Rauchs, Cambridge Centre for Alternative Finance, 2017

