

RIGENERARE I LUOGHI DELLA TERRA IMPARANDO DALL'ARCHITETTURA DELLO SPAZIO

Prefazione a "METAMORPHOSIS – Transforming Italian Architecture", Pacini Editore, Pisa 2025, pp 9-17 it./engl. ISBN 979-12-5486-522-4

Inorridisce l'ipotesi di colonia marziana immaginata da SpaceX¹. Non tanto per lo spirito coloniale che sottende: la figura che l'accompagna replica l'abitudine qui sulla Terra di ingombrare il suolo tramite giustapposizioni di unità indipendenti o al massimo legate da rapporti funzionali. In altre parole Elon Musk riporta su Marte modelli culturali e fisici dai quali è urgente quanto prima affrancarci. Quando avrà più tempo, date le sue doti senza dubbio eccezionali, rifletterà sulla questione opposta fino a diventarne il principale sostenitore: come le esperienze nel Quarto Ambiente possono aiutare a correggere i danni che l'habitat umano crea sulla Terra da quando ha preso avvio l'Antropocene. Prima di allora anche il Sapiens - come ancora tutte le altre specie viventi - mai aveva creato danni all'insieme.

Tra 2015 e 2022 - all'interno del "Center for Near Space" (CNS)² (Russo, 2021), con il gruppo interdisciplinare che intreccia competenze di astrofisici, ingegneri aerospaziali, architetti, agronomi, giuristi, psicologi e così via - abbiamo ragionato su progetti nel Quarto Ambiente. Sin dall'inizio abbiamo coniato un neologismo: "OrbiTecture", contrazione di Orbital Architecture a cinquant'anni di distanza da "urbatettura" - la definizione con cui Jan Lubicz Nycz illustrò i "grattacieli a cucchiaio", megastrutture a funzioni multiple proposte per Tel Aviv - poi ripresa da Bruno Zevi per opporsi all'impropria scissione urbanistica / architettura.

In OrbiTecture coesistono elevatissime complessità di tecnologie e di obiettivi: entra in crisi la distinzione³ (Venturi, 1993) fra le opere di Architettura (tecnologie semplici / obiettivi complessi) e le opere di Ingegneria, come ad esempio un razzo per andare sulla luna, semplice negli obiettivi e complesso nelle tecnologie.

Gli studi sul Quarto Ambiente - negli anni '80 del secolo scorso Luigi Napolitano così indica il nuovo luogo (oltre Terra / Acqua / Aria) dove può svilupparsi la vita umana - non solo rispondono all'innato desiderio di esplorare sempre nuove realtà, non solo hanno ormai preziose ricadute nella vita di tutti i giorni (solo qualcuno non ne è consapevole), soprattutto spingono a sperimentare e riflettere. Dagli studi nel Quarto Ambiente continuamente emergono riflessioni, principi e linee di azione da riportare sul nostro pianeta, cioè in grado di aiutare ad affrontare tematiche che incidono sempre più negativamente sui nostri contesti.

L'insieme delle esperienze fin qui sviluppate fanno emergere sostanziali diversità di approccio ai progetti nei diversi ambienti di vita⁴ (Pica Ciamarra, 2021):

- quando si progetta qui, sulla Terra, domina il rapporto natura/artificio: ogni intervento, quale ne sia la dimensione, non è che un frammento che entra a far parte dell'Ambiente (che è questione planetaria), dei Paesaggi (che identificano ogni comunità, civiltà o cultura) e della Memoria (insita nella singolarità di ogni specifico luogo nel quale il progetto interviene)

- progettare una stazione spaziale è molto diverso: tutto è artificio, la natura è fuori. Si tratta di unità isolate, autonome per le quali ha ancora senso la triade vitruviana "Utilitas / Firmitas / Venustas" ormai del tutto inconcepibile sulla Terra dove sono da esplicitare relazioni, mai più autonomie

- sulla Luna, su Marte o altrove, l'approccio progettuale è ancora diverso. Dove la forza gravità è molto minore di quella terrestre, è agevole minimizzare l'impatto al suolo e non riportare altrove le banalità che qui, sulla Terra, sempre più spesso ingombrano i territori.

Approcci diversi ma finalità coincidenti: viene in mente il giorno in cui la mattina visitavo l'habitat rupestre da coinvolgere nel piano particolareggiato del centro storico di Massafra e la sera - a centinaia di chilometri di distanza - discutevo dell'habitat nello spazio proprio con Luigi Napolitano⁵ (Pisani, 2003).

Vivere nello spazio richiede integrazione e valutazione simultanea di molti aspetti. "OrbiTecture" guarda a storie e ragionamenti su come costruire al di fuori del nostro pianeta facendo uso esteso della produzione additiva robotica innovativa.

La prima delle nostre ricerche per habitat extraterrestri, tutte accomunate da approccio sistemico, ha riguardato il progetto di una stazione spaziale⁶ (De Martino e al, 2017) che subentri all'attuale Stazione Spaziale Internazionale (ISS) che - benché non sia molto tempo che gira a qualche centinaio di chilometri sopra di noi - va definita "paleolitica" in quanto giustapposizione di componenti che rispondono a singole esigenze, proprio come le prime automobili dell'800.

SpaceHub segna la transizione da giustapposizioni di parti - ogni questione risolta separatamente - a visioni integrate; vale a dire dall'approccio paleolitico e dall'era della separazione a quella dell'integrazione. Con il suo aspetto planetomorfo apre al futuro, introduce nello spazio una forma al tempo stesso innovativa, antica e perenne; propone tecnologie non abituali con un inserimento che sembra possa essere approvato anche da una Soprintendenza divina. Sostanziale ricordare che non è stata prioritaria l'istanza di forma: l'aspetto di SpaceHub è il risultato di ragionamenti logici tesi a identificare requisiti di piena vivibilità e socializzazione, a minimizzare le quantità, a massimizzare gli spazi utili, a rispondere a requisiti basilari, a delineare processi realizzativi.

Cento abitanti (ricercatori e turisti), sfera centrale di 44 metri a gravità quasi 0 - quindi con gran parte dei laboratori di ricerca in microgravità - in parte attrezzata come hangar e molo d'attracco per le navicelle spaziali; due toroidi sovrapposti a 38 metri di distanza dall'asse in modo che la loro rotazione a 2 giri/minuto faccia registrare una gravità lunare; poi un toroide a 83 metri che simula la gravità marziana.

Rispetto all'attuale ISS, SpaceHub ha volume pro-capite quasi cinque volte maggiore (da 155 a 700 m³/persona) e peso unitario ridotto a meno di 1/6 (da 450 a 70 kg/m³) grazie anche al suo essere costruito nello spazio e con risparmio del 30% di materiali inviati dalla Terra. Realizzare

strutture in quasi totale assenza di gravità consente di ridurre enormemente le dimensioni avvalendosi di stampanti 3D quasi a stendere reti come quelle dei ragni; infatti, non è più necessario, come per i moduli costruiti a terra, assicurarsi di resistere ai forti carichi meccanici generati durante il lancio. SpaceHub si fonda su razionalità e semplicità: perviene a un habitat con funzioni integrate, spazi per attività lavorative e per la socializzazione, per vivere bene. Nei toroidi sono ubicati alloggi, ambienti di lavoro e spazi comuni; poi spazi per verde - coltivazioni adatte a produrre cibo nello spazio e rigenerare acqua e ossigeno - che richiedono quasi 2/3 della superficie totale, circa 60 m²/persona.

La protezione dalle radiazioni è affidata a uno strato d'acqua contenuto in celle esagonali isolate e affiancate con colonie di batteri. Fra i toroidi sono distesi veli fotovoltaici che soddisfano il fabbisogno energetico del complesso stimato in 2,6 MW.

La permanenza nel Quarto Ambiente richiede che la vita degli abitanti sia sostenuta da continua rigenerazione delle risorse primarie. SpaceHub è un sistema chiuso dal punto di vista della materia, ma aperto da quello dell'energia; in piccolo, riproduce i cicli che si sviluppano sulla Terra, ma in modo molto più efficiente. Sistemi biorigenerativi e colture agrarie basate sulle piante superiori contribuiscono a risolvere vari problemi e forniscono diete adeguate per quantità e qualità. Il sistema biorigenerativo produce cibo fresco, genera ossigeno e rimuove l'anidride carbonica dall'aria attraverso la fotosintesi, depura l'acqua attraverso il processo di traspirazione, tratta opportunamente e utilizza i residui della biomassa, dei rifiuti organici dei processi e dei reflui fisiologici. È essenziale però che punti soprattutto al benessere psico-fisico di chi vivrà in questi luoghi.

Nell'attuale ISS il riciclaggio produce 25-30 litri acqua/giorno per persona, mentre ogni abitante dello SpaceHub ne avrà il doppio, di cui un decimo per bere e cucinare.

Puntando ad azzerare la necessità di rifornimenti o da produzione in orbita (la NASA ritiene di poter ottenere 1 litro d'acqua da 5 kg di roccia di asteroidi) occorre massimo riciclaggio. Si prevede un ciclo dell'acqua chiuso: tutta l'acqua presente a bordo (nell'atmosfera, quella impiegata per igiene personale, urina) è recuperata e depurata. Questa enorme quantità d'acqua, da riciclare con continuità, è contenuta nelle celle esagonali per la protezione dalle radiazioni cosmiche, ambiente ben integrato con gli altri sistemi.

Il ciclo dell'acqua, del riuso di ogni forma di rifiuti, di come intensificare coltivazioni e produzione di cibo, di come non consumare suolo e ridurre il consumo di tempo, sono tematiche ricorrenti e basilari, lontane dal cercare di rendere abitabili altri corpi celesti creando o modificando atmosfere per renderle simili a quella terrestre alla quale si è adattato l'uomo nella sua lunga linea evolutiva.

Inevitabilmente, pur cercando da affrancarci da prassi improprie, portiamo nello spazio criteri e metodologie di lavoro sperimentati sulla Terra. Ma è fondamentale l'inverso, riportare sulla Terra quanto si comincia a capire attraverso i progetti per il Quarto Ambiente. Costruire nello spazio alimenta la ricerca di tecnologie innovative che potranno far evolvere anche quelle terrestri, soprattutto rende coscienti che anche il nostro pianeta è un sistema sostanzialmente chiuso. Qui dagli anni '70 si misura l'Earth Overshoot Day, il giorno del sovrasfruttamento della Terra. Da allora il dato globale ha abbandonato il 31 dicembre e si va progressivamente avvicinando: inutile sottolineare che in alcuni Paesi cade ancora a dicembre, in altri ormai è a febbraio. Sostanziale aver capito che ogni singola azione deve tenerne conto: questo lo spirito che anima la "Dichiarazione dei Doveri dell'Uomo" riguardo habitat e stili di vita nel rispetto delle diversità, cioè non universale come i "diritti".

I nostri studi per l'habitat lunare si caratterizzano per l'atteggiamento "archeologico", non presuppongono sbancamenti di fatto propedeutici alle proposte fin qui viste⁷ (De Martino e al, 2021).

Ci si avvale della modesta forza di gravità lunare, meno di 1/6 di quella terrestre: riduce gli sforzi e facilita strutture sospese; minimo impatto al suolo così disponibile per ogni forma di indagine e ricerca. Anche qui i processi costruttivi sono affidati a stampanti 3D e robot che utilizzino regolite lunare miscelata con ilmenite per produrre manufatti strutturali: si troverà come fugare dubbi e incertezze che ancora permangono.

Sulla Luna potrebbero assumere concretezza principi di "topografia artificiale" nella scia di Yona Friedman e della sua "Ville Spatiale", utopia anni '50 dove però "spaziale" aveva un senso diverso: connotava una città terrestre ben sollevata dal suolo.

Un lungo processo evolutivo ha adattato l'uomo ai contesti terrestri. La sua presenza nel Quarto Ambiente al momento sarà "occasionale": attività industriali, laboratori di ricerca, resort. In ogni caso l'insediamento sul nostro satellite o su altri pianeti dovrà essere molto diverso da quanto si fa oggi sulla Terra dove "le singole cellule si sviluppano senza regole e senza ritegno avendo perso l'informazione che dovrebbe tenerle insieme", proprio come nelle patologie neoplastiche⁸ (Lorenz, 1973). Quindi profondamente distante anche dalla proposta per la "colonizzazione del pianeta Marte" lanciata da Elon Musk e accennata all'inizio.

Ma dove insediarsi sulla Luna dove la differenza di temperatura fra le zone in ombra e quelle esposte al sole è enorme, schematicamente dai -150° all'ombra a +140° alla luce solare? Convincevano i lava tubes, grandi cavità naturali dovute all'attività vulcanica: offrono protezione da radiazioni e meteoriti; mitigano gli sbalzi termici nel netto passaggio giorno-notte con ritmo circadiano 28 volte più ampio di quello terrestre. A un insediamento di dimensioni paragonabili a quelle delle attuali basi scientifiche in Antartide, occorre però affiancare piccoli spazi con laboratori fuori dalle cavità. Un po' come i nostri antenati: vivevano protetti dalle mura delle città, ma avevano presidi fuori, nelle campagne. Mentre negli ambienti di vita terrestri è il "non-costruito" che ha

maggior importanza - sono gli spazi aperti quelli che aggregano e danno senso alle nostre città - sulla Luna o su Marte non possiamo vivere che in spazi chiusi, confinati e attentamente trattati. Senza tute spaziali o abiti particolari, non siamo in grado di sopravvivere ai rapidi e fortissimi sbalzi di temperatura, né siamo in grado di respirare per assenza di ossigeno.

Fra le alternative di localizzazione è prevalsa quella che - potendosi avvalere del ghiaccio dei crateri polari - facilita micro-condizioni spaziali analoghe a quelle terrestri -“terraforming”- quindi il passaggio da scafandri individuali a “ambiti” collettivi nella scia della cupola per Manhattan che Buckminster Fuller calcolava ripagata in 10 anni: in questo caso quindi riportando nel Quarto Ambiente ragionamenti sviluppati sulla Terra.

Per l’habitat lunare abbiamo avviato lo studio per un nucleo stabile e unità mobili. Per il primo, strutture “sospese” accrescibili nel tempo senza interferire con le attività in corso, quasi secondo principi “organici”. Evitando splanteamenti e minimizzando gli interventi sul suolo, oltre a ridurre impegno e lavoro l’approccio “*archeologico*” salvaguarda quanto deve essere oggetto di analisi e indagini ed evita di ripetere sulla Luna errori non rari sulla Terra. Una emisfera che contiene aria e vegetazione (verde agricolo) definita da spessori di ghiaccio (possibile perché la localizzazione scelta ha temperatura sempre sotto zero) e regolite [ambidue a Km 0] con compartimentazioni tipo domopack della calotta e sistemi di controllo di pressione/temperatura per evitare la sublimazione. Questa emisfera protegge dalle radiazioni, capta energia, assicura trasparenza. La costruzione è stabile grazie al blocco dei collegamenti verticali, infisso al suolo e attrezzato per “lunotermia”, e piedi telescopici capaci di adattarsi alle altimetrie del suolo. Completata la emisfera e realizzato il piano con il verde agricolo, l’insieme comincia con l’essere adatto a ospitare 15 persone e può crescere fino a ospitarne cento. Pareti con doppio vetro con ampia intercapedine piena d’acqua migliorano la protezione da radiazione, isolamento termico e costituiscono un ulteriore serbatoio idrico. Il nucleo stabile è predisposto ad affiancamenti in aderenza di unità analoghe. Le unità mobili sono laboratori semoventi delocalizzabili, attrezzati (una sorta di “camper” da 5-6 posti) capaci di “camminare” su grandi gambe robotiche.

È quasi come l’ancestrale costruire su palafitte. Analoghi ragionamenti sono utili anche sul nostro pianeta: per limitare sbancamenti e spianamenti, per massimizzare il suolo libero, in molte zone di costa per premunirsi dall’innalzamento del livello del mare o in altre per ridurre i rischi da esondazioni. Abbiamo avuto anche occasione di progettare approfonditamente - non di realizzare - un importante edificio basato su questi principi⁹: strutture sospese, ampiamente staccato dal suolo, accrescibile. Così come in strumenti urbanistici con rigenerazioni urbana lungo la costa prevediamo normative che non consentano di realizzare locali a livello del suolo.

Anche sulla Luna o su Marte forse ci si potrà avvalere di idrogeno verde utilizzando l’acqua lì presente in forme diverse. Per scindere le molecole dell’acqua ci si è sempre basati su acqua purificata, ma è possibile ormai utilizzare acqua salata, separare idrogeno e ossigeno tramite energia solare. Solo per citare qualche esempio, esistono interessanti sperimentazioni per settori

urbani in Inghilterra, per insediamenti industriali in Spagna, cominciano a diffondersi in Australia. Ricerche recenti stanno ragionando su come sulla Luna riunire idrogeno e ossigeno per produrre acqua.

L'esplorazione del Quarto Ambiente sollecita avanzamenti tecnologici che incidono su abitudini e tecnologie in uso sulla Terra, alcune più diffuse, altre con applicazioni particolari determinano progressi in vari campi (tecnologie d'indagine, rilevazione e costruzione; analisi per immagini in campo medico o in quello dei materiali; tessuti tecnologici usati nelle attività agonistiche). Per esempio, il continuo perfezionamento delle previsioni meteorologiche ha modificato i modi di programmare la quotidianità.

Al di là di ricadute tecnologiche e strumentali in progress, esperienze e studi sul Quarto Ambiente incrementano consapevolezza anche su temi terrestri, generano mutazioni di mentalità. Inevitabilmente - come i robot assumono somiglianze umane e la fantascienza disegna gli extraterrestri - gli insediamenti nel Quarto Ambiente ricalcano procedure ed esiti "terraformati".

Durante tempi incalcolabili, il nostro fisico e la nostra mente si sono formati e adattati ai contesti terrestri: inevitabilmente li proiettiamo nel Quarto Ambiente. Prime esperienze e proiezioni mettono di fronte limiti e costrizioni: come all'inizio del XX secolo, quando l'uomo ha cominciato a librarsi nell'aria (Terzo Ambiente). Spingono però a riflettere su possibilità che - molto prima di quanto si creda - si traducono in opportunità. Nel Quarto Ambiente emergono le tematiche dei sistemi chiusi in ambiti ridotti: ci sono anche sulla Terra dove però grande dimensione e forti disequilibranze fanno sì che non siano da tutti avvertite come essenziali e drammatiche: questa consapevolezza ormai tende a diffondersi.

Nel Quarto Ambiente occorre alimentarsi, non sarà possibile importare tutto dalla Terra. Si studia quindi come coltivare e come farlo in forme intensive¹⁰ (De Pascale 2021): negli "ecosistemi artificiali le piante svolgono un ruolo fondamentale, generano l'aria con la fotosintesi, riciclano l'acqua attraverso la traspirazione, producono cibo per gli astronauti, migliorano le condizioni di benessere psicofisico".

In una stazione spaziale c'è necessità di recupero/riciclo dell'acqua in ogni sua forma. Sulla Luna e su Marte l'acqua è rintracciabile o "producibile" in loco, anche sulla Terra l'acqua è risorsa preziosa¹¹ (Iaccarino, 2015).

Nello spazio occorrono risorse energetiche e fisiche, costoso portarle sistematicamente dalla Terra. Più facile portare qui i prodotti da estrazione e processamento spaziale perché il campo gravitazionale terrestre opera come attrattore. Senza dimenticare che ogni euro speso nello spazio ritorna 7-8 volte sulle attività terrestri: l'espansione nel Quarto Ambiente farà crescere questo fattore moltiplicativo. Darà anche impulso alle ricerche sul Quarto Ambiente l'aver osservato - Sydney University, 2018) - che l'assenza di gravità uccide le cellule tumorali impedendo loro di comunicare e moltiplicarsi

In estrema sintesi, le ricerche nel Quarto Ambiente hanno ricadute su vari aspetti della nostra vita, qui raggruppati in sei ambiti:

Sostenibilità e Risorse Le tecnologie sviluppate per il Quarto Ambiente, come i pannelli solari avanzati o i sistemi di gestione dell'energia, trovano applicazioni nella produzione di energia rinnovabile sulla Terra. Nei sistemi chiusi del Quarto Ambiente il riciclo di acqua, aria e materiali è essenziale: questi processi migliorano le tecnologie terrestri per ridurre l'inquinamento e ottimizzare la gestione delle risorse. Infine le tecniche per coltivare piante in ambienti estremi, come i sistemi idroponici o aeroponici sviluppati per lo spazio, vengono utilizzate per aumentare la produzione alimentare in ambienti aridi o urbani.

Salute e Medicina Monitorare la salute degli astronauti in condizioni estreme ha portato a innovazioni come dispositivi diagnostici portatili e strumenti chirurgici miniaturizzati, utili anche in aree remote sulla Terra. Inoltre le ricerche sull'effetto della microgravità sul corpo umano migliorano la comprensione di malattie come l'osteoporosi e l'atrofia muscolare.

Edilizia e Infrastrutture I materiali leggeri e resistenti sviluppati per le navicelle o per le strutture abitative extraterrestri, come le leghe avanzate e i compositi, sono utilizzati nell'edilizia e nei trasporti terrestri. Inoltre gli studi per il Quarto Ambiente influenzano il design di edifici autosufficienti, a basso impatto ambientale sulla Terra.

Tecnologie di comunicazione Le comunicazioni sviluppate per lo spazio portano a miglioramenti nella connettività terrestre, contribuendo a sistemi di telecomunicazione globali e all'accesso a Internet in aree isolate. Inoltre i sistemi di AI utilizzati per la navigazione e la gestione spaziale trovano applicazioni nella logistica, nei trasporti e nella gestione urbana.

Cambiamenti Climatici I satelliti permettono di studiare il clima, monitorare la deforestazione e prevedere disastri naturali. Le simulazioni sviluppate per l'esplorazione spaziale aiutano a comprendere meglio i sistemi climatici e ambientali.

Ispirazione e Innovazione Le sfide dello spazio ispirano nuove generazioni di scienziati, ingegneri e innovatori e incoraggiano la cooperazione tra nazioni, con ricadute positive anche su temi terrestri.

L'esplorazione dello spazio è quindi un investimento e al tempo stesso un'opportunità per affrontare molte delle sfide globali qui sulla Terra attraverso soluzioni innovative e tecnologie avanzate.

riferimenti bibliografici

- 1 <https://www.ilpost.it/2017/09/29/elon-musk-colonizzare-marte-spacex/>.
- 2 Russo Gennaro, *Editorial*, in in « Lunar Factory », La Collection du CB n°11, 2021, pp.2-3, www.lecarrebleu.eu
- 3 Venturi Robert, *Complessità e contraddizioni nell'architettura*, Dedalo ed.,1993 (*Complexity and contradiction in architecture*, The Museum of Modern Art, New York, 1966)
- 4 Pica Ciamarra Massimo, *Tre diversi approcci: sulla Terra / nello Spazio / sulla Luna*,
in « Lunar Factory », La Collection du CB n°11, 2021, pp.70-97, www.lecarrebleu.eu
- 5 Pisani Mario, *Simultaneità*, in « Pica Ciamarra Associati. Frammenti », L'Arca edizioni, 2003, p.5
- 6 De Martino Guido, Pica Ciamarra Massimo, Russo Gennaro, Torre Vincenzo, *OrbiTecture e SpaceHub: l'importanza dell'approccio sistemico*,
in "Le Carré Bleu, feuille internationale d'architecture", n°2-3/2017, pp29-45, www.lecarrebleu.eu
- 7 De Martino Guido, Minichini Raffaele, Pica Ciamarra Massimo, Russo Gennaro, *Nuovi paradigmi di OrbiTecture per gli habitat lunari: LunaFab*,
in « Lunar Factory », La Collection du CB n°11, 2021, pp.99-115, www.lecarrebleu.eu
- 8 Lorenz Konrad, *Gli otto peccati capitali della nostra civiltà*, Adelphi ed.,1974 (*Die acht Todsünden der zivilisierten Menschheit*, 1973)
- 9 <http://www.pcaint.com/it/2020-palermo/>
- 10 De Pascale Stefania, *Il cibo del futuro viene dallo spazio*, in "Più Salute&Benessere" / Il Sole24ore 05.2021
- 11 Iaccarino Maurizio, *Un mondo assetato. Come il bisogno di acqua plasma la civiltà*, Editoriale Scientifica 2015