

Lectio doctoralis

Inovazion e tradizion te progettazion e gjestion dal cantîr di edificis alts di ciment armât

E Z I O B O R T O L U S S I

Ristret. Il progjet e la gjestion dal cantîr di un edifici di ciment armât une vore alt metût intun contest cetant urbanizât al domande strategiis operativis e costrutivis specifichis. In cheste *lectio* o torni a percori la mê esperience professionâl e o mostri cualchi soluzion tecniche originâl che la *NewWay Company* e à metût in vore tai ultins decenis te costruzion di gratecî di ciment armât tal Nord Americhe.

Peraulis clâf. Edificis alts di ciment armât, progjet e gjestion dal cantîr, inovazion tecnologjiche.

1. Introduzion. Magnific Retôr, Diretôr dal Dipartiment Politecnic di Ingegnerie e Architeture, Professoris e Professôrs, Personâl dut de Universitât dal Friûl, cun grande gjonde e cuntune profonde ricognossince o tachi a presentâus il contignût de mê *lectio doctoralis* incentrade su la mê esperience lavorative di cantîr pe costruzion di grancj edificis.

La costruzion di edificis di ciment armât di grande altece in contest urban, al contrari di ce che si pense, si davuelç daûr regulis che no son par nuie consolidadis e classichis (Ali, Moon 2018). Come consequence, ancje il progjet e la gjestion dal cantîr a son rivâts a nivei di complessitât cressinte. Di fat, ogni opare e je uniche, la sô costruzion e fâs storie a se e e presente problematichis propriis che a vuelin strategiis operativis e costrutivis specifichis, tantis voltis originâls e inovativis, par podê afermâsi intun setôr une vore competitîf sbassant i timps e i coscj di esecuzion e, tal stes timp, mantignint alte la cualitât finâl dal prodot e garantint la sigurece tal ambient di lavôr.

Il mistîr di costrutôr che o ai sielt mi puarte ogni dì a cjapâ decisions di cantîr o a sielzi tecnologjiis costrutivis che a puedin modificâ, ancje tal profund, il destin e il sucès dal progjet originâl. Tal cjapâ chestis decisions e fâ chestis sieltis, mi fondi in part su la esperience vivude, su la cognossince tecniche metude dongje tal timp, e in part su la idee originâl, su la inovazion tecnologjiche, cuant che cheste e covente e e je pussibile. Inovazion e tradizione: chestis dôs peraulis a son par me complementârs e o ai volût metilis dentri come elements di fonde te mê lezion di vuê.

Tal gno intervent mi fermarai sui aspiets leâts ae progjetazion e ae gjestion dal cantîr pe realizazion di edificis alts, o gratecîi, di ciment armât. O esaminerai cun atenzion cualchi aspjet de tecnologjie doprade te costruzion di gratecîi, analizant lis criticitâts principâls che si incuintrin e lis soluzions ufiertis de cognossince moderne tal setôr. Po dopo, o mostrarei cualchi soluzion tecnologjiche inovative che la *NewWay Company* e à metût in vore tai ultins agns pe realizazion di gratecîi tal Nord Americhe. Ae fin, o sierarai la mê lezion cun cualchi riflession sui insegnaments che o ai gjavât fûr de mê esperience di costrutôr.

2. Lis principâls cuistions tecnologjichis. La gjestion e la progjetazion dal cantîr di un gratecîl realizât intune metropoli moderne a son sot di cetancj vincui, di nature tecniche, tecnologjiche e economiche. Tra chescj, al zuie un rûl une vore impuartant la conession dal procès costrutîf cul asset urban tor ator e cu la viabilitât citadine. Altris elements determinants a son i temps di esecuzion e la cualitât dal prodot finâl, tal rispiet de sigurece tal ambient di lavôr. In fin, la valutazion dal aspjet economic, centrât soredut su la incidence dal cost dal personâl e de esecuzion des oparis, al è un altri element fondamentâl te impostazion dai lavôrs dal cantîr.

La determinazion di une soluzion otimâl par frontâ e dâ rispuestis a chestis problematichis, e passe par fuarce midiant la adozion di soluzions tecnologjichis e costrutivis di pueste, tantis voltis inovativis e originâls, dadis di necessitâts praticichis (Ali 2001). Tra chestis, o volarès ricuardâ chês che vuê a son consideradis lis cuistions tecnologjichis e costrutivis di fonde:

- la metude in vore di sistemis eficients di casseradure dal beton;
- la confezion e la movimentazion dal beton par grandis gjetadis e a cuotis alts;

- la movimentazion dai materiâi in cantîr cun braçs mecanics in elevazion (grue).

La prime metât dal secul XX e à viodût grancj progrès tecnologjics su lis cuistions che o ai dit prime, che dut cûs a restin tal centri de atenzion ancje in dì di vuê. Chest nol maravee, stant che lis soluzions tecnologjichis a incidin une vore sui timps e sui coscj di realizazion de costruzion.

Cjapìn in considerazion il sisteme di casseradure dal beton. Une volte la casseforme e jere di len. Cul lâ indevant de tecnologjie, i cassons si fasin cumbinant diviers materiâi, tra chei il len, l'açâl, l'alumini e, plui di resint, la fibre di veri e i materiâi plastics. Un requisît essenziâl te costruzion di un edifici al è il tornâ a doprâ di continui i cassons, stant che si à di gjetâ un volum di beton une vore plui grant rispjet a edificis di altece ordenarie.

La necessitât di modificâ la casseforme daûr des diviersis esigjencis costrutivis e à puartât tai agns ae definizion di diviersis tipologjîs di casseformis. Lis trê principâls lis discutìn chi sot.

Lis *flying forms*, o casseformis svolantis, e je une tipologjie che e ufris une grande mobilitât e rapiditât di instalazion par costruzions cun planimetriis regolârs o struturis ripetitivis. Il sisteme, duncje, al è une vore bon pe realizazion di piastris orizontâls di plan tai edificis alts. Lis unitâts dal dut assembladis a puedin jessi manovradis di corse in cantîr. Une volte che il beton gjetât al è vonde madûr, si gjavin lis casseformis, si lis nete e si lis môf di corse o, come che e dîs la terminologjie inglese, “si lis fâs svolâ” al nivel dopo dal edifici cuntune grue, di mût di podê tornâ a doprâlis tal nivel superiôr (Fig. 1 e Fig. 2).

Lis *slip forms*, o casseformis a scoriment, a son un metodi di costruzion dulà che il beton al è gjetât intun stamp dûr che si môf ben planc e in maniere continue. Il stamp dûr al ven mot in maniere graduâl viers dal alt cuntun sisteme di martinets a velocitât controlade, fint a rivâ ae altece volude. La casseforme e va sù di continui, a une velocitât di cirche 300 milimetris ae ore, tignintsi sul nucli o sul set e no poiantsi su altris supuarts esternis, su altris parts dal edifici o su oparis permanentis. La altece de casseforme e je projetade di mût che, intant che la part superiôr di chê e ven jemplade di beton in stât fluit, il strât plui bas di beton gjetât prime al è za avonde solit. L'assemblament de casseforme al

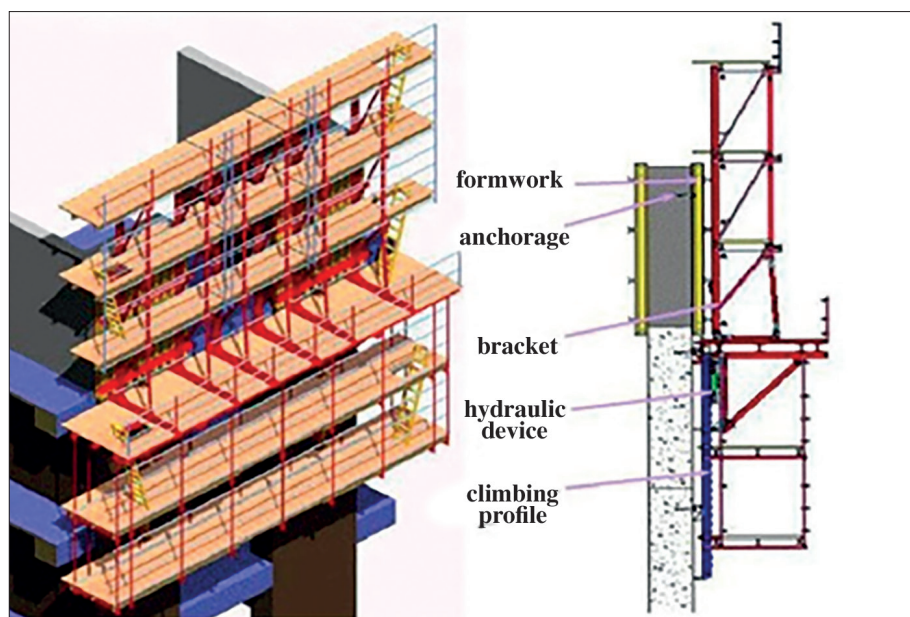


Figure 1. Sisteme *flying forms*: (a) detali di ancorament in seziun verticalâ.



Figure 2. Sisteme *flying forms*: (b) metude in vore, viste di insiemi.

pues scomençâ dome cuant che lis fondis de strutture a son disponudis ben e il dispositîf di inviament a parêt al è in linie. I martinets idraulics a son colegâts cun traversis di metal duris che a fasin di supuart aes casseformis pal moviment simultani viers dal alt. La altece in ogni trat e varie di 1,10 a 1,50 metris. Il metodi al è une vore bon pe costruzion di sets isolâts o parêts di nuclis resistentis di ciment armât, che a ospitin assensôrs o spazis des scjalis in edifizis di grande altece. Un limit de soluzion tecnologjiche al è rapresentât de necessitât di operâ cun edifizis dulà che la strutture verticâl e à di mantignîsi invariade in altece.

Tal sisteme *jump forms*, o cun casseformis auto-rampantis, la casseforme e previôt un mecanisim di sollevament autonom e si ten sù sul gjet di beton precedent (Fig. 3 e Fig. 4). La tipologjie e je dispès descrivude come une casseforme rampante e, pal solit, e je plui adate pal gjet di elements verticâi di beton in edifizis di plui plans cun grande altece. Si trate di un sisteme une vore bon, projetât par aumentâ la velocitât e la produtivitât dal cantîr, sbassant al minim la lavoranzie e il timp di esecuzion. Cun di plui, la velocitât e pues jessi aumentade inmò di plui, midiant une atente planificazion dal procès di costruzion. Doprâ il sisteme des casseformis rampantis al sbasse une vore ancje il timp di ûs des gruis, cussì che intant a puedin jessi dopradis in altris ativitâts. Cualchi volte cheste soluzion e pues ancje sbassâ il numar totâl di gruis che a coventin tal cantîr. La casseforme e je tignude sù in maniere indipendente e duncje lis parêts dai nuclis scjatoscjalâr a puedin jessi finidis prime dal rest de strutture dal edifici. Chest al pues miorâ la stabilitât de strutture dilunc de sô costruzion. Il sisteme di casseformis auto-rampantis si nete cun facilitât e si pues doprâ tantis voltis, e cun di plui al prodûs pôc scart di materiâl. In fin, tignint in considerazion che la sigurece e je simpri un element primari tal cantîr, il sisteme al previôt paremans di protezion e scjalis a man integradis diretementi tes unitâts dai sistemis di casseradure, e dispositîfs automatics di frenadure integrâl a cjadude libare. L'ûs limitât di armaduris e plateformis di lavôr temporaniis al puarte a une congestion plui piçule in cantîr.

Cumò o fevelarai in curt dal teme de movimentazion e dal gjet dal beton. Fint ai Agns '40, il gjet e la movimentazion dal beton tai cantîrs di edifizis alts o di grandis costruzions al jere stât un grant probleme. La tecnologjie e

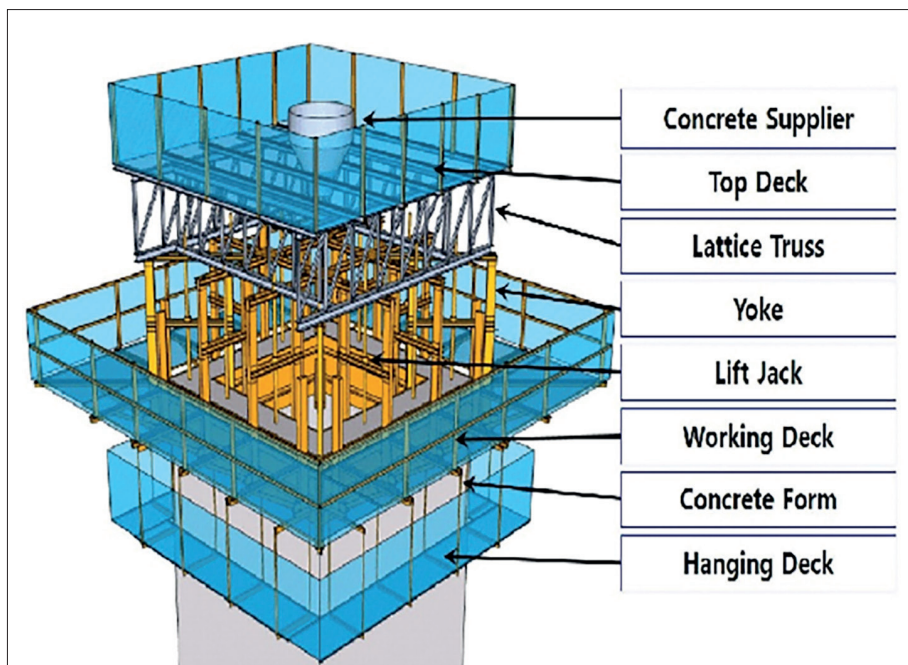


Figure 3. Sisteme *jump forms*: (a) scheme di funzionament.



Figure 4. Sisteme *jump forms*: (b) viodude di insiemi de casseradure di un set.

restà intun stât iniziâl e fer fint ai Agns '60. Po dopo, la vignude dai sistemis di pompature controlâts a azionament idraulic a 'nt favoririn il disvilup e a cambiarin dal dut il panorame tecnologjic des costruzions altis di ciment armât. Tai ultins agns, lis tecnicis di pompature dal beton a son stadis mioradis sot dal aspjet tecnologjic, ancje par vie dai avanzaments te cognossince dal compuartament dal beton. Di fat, si sa che la capacitât de

pompadure e je leade aes proprietâts plastichis e di lavorabilitât dal beton e anje dai elements doprâts par traspuartâ il prodot finît a nivel di plan desiderât. Par grandis altecis come chês dai gratecî, e covente une unitât di pompadure che e funzioni a une pression fuarte.

Une tecnologjie che si pues doprâ in chescj câs e je la cussì clamade *Concrete Pump – Self Climbing* (sisteme di pompadure auto-rampante). Il beton al è movût doprant un sisteme di pompadure static, alimentât a gasoli, midiant une tubazion fisse di 125 mm di diametri, fint al braç di posizionament pleabil. Il braç al è montât suntune colone di açal che e pues rivâ a 20 metris di altece. La colone e je tignude sù di un telâr di metal di fonde une vore dûr o e je fissade diretementi tes struturis dal edifici. La pompe e je in stât di rimpinâsi, scjalant l'edifici a man a man che la costruzion e va a completâsi in altece. Il posizionament dal sisteme di pompadure di beton cussì realizât al risulde jessi plui svelt rispjet al ûs di une grue dedicate in cantîr a chest rûl.

Par chel che al inten il tierç pont – l'ûs di gruis rampantis – o mandi a une soluzion originâl che o vin doprât te costruzion di plui gratecî, come che o viodarìn tra pôc.

3. Cualchi soluzion costrutive originâl. Dopo de piçule rassegne des principâls cuistions tecnologjichis che la costruzion di un gratecîl di ciment armât al met in vore, o volarès passâ a descrivi cualchi soluzion inovative introdusude de *NewWay Company*. E o fasarai chest cjapant tant che riferiment doi gratecî che o vin fat sù pôcs agns indaûr: il *The Bow* e il *Shangri-La Hotel*. Chest mi darà anje la pussibilitât di meti in lûs altris sieltis progjetuâls di cantîr che a son stadis fundamentâls tal completâ cun sucès cualchi opare.

The Bow al è un gratecîl di 236 metris fûr di tiere realizât a Calgary, in Canadá. Al cjape dentri 58 plans in elevazion e al ospite i uficis dal *provider* canadês de energjie EnCana Corporation. I lavôrs di costruzion a tacarin tal 2008 e si finirin tal 2012. La tor, realizade suntun progjet di Norman Foster, e je tra lis plui altis dal Nord Americhe.

Dilunc vie de costruzion di chest edifici si frontarin variis problematichis di une cierte dificultât. Prin di dut, il progjet al previodeve une clausule speciâl imponude de Municipalitât di Calgary

che e vietave interferencis dal cantîr cul davuelziment de parade tradizional dai Indians de Americhe, organizade pe ocasion dal famôs rodeo Calgary Stampere. Dut il cantîr al jere dividût di une strade che e veve di jessi sdrumade e tornade a fâ sîs plans sot dal plan di campagne, in timp util pe parade. Doprant une organizazion eficiente dai lavôrs, si rivà a completâ la strade trê setemanis prime dal timp, cjapant ancje un encomi de Municipalitât.

The Bow al è po jentrât te storie des grandis costruzions di ciment armât pal gjet dal sisteme des fondis. Chest al fo realizât cuntune gjetade continue di beton che par cuantitât e jere la plui grande realizade in Canadà e la tierce tal mont. A forin gjetâts 13.900 metris cubis di beton in a pene 39 oris, doprant 1.584 betonieris e doprant 11 pompis (Fig. 5 e Fig. 6).

Ancje il sisteme di casseradure al meteve devant soluzions costrutivis no facilis. Al veve di jessi sielt par frontâ chestis esigjencis: il rispîet une vore stret des tolerancis pes superficiis di beton cun gjet a viste; il tornâ a doprâ a lunc i paneli de casseradure, par rindi sostignibilis lis operazions di cantîr; la necessitât di meti in vore sistemis di movimentazion des casseraduris ad hoc, stant la indisponibilitât di doprâ lis gruis o la strumentazion di sollevament in cantîr. Ae fin, si sielzè il sisteme inovatîf *PourForm-107* che al fo il plui bon e convenient, ancje in tiermins di rigiudece, resistance e stabilitât vie pes operazions di cantîr.

Il *Shangri-La* Hotel al è un gratecîl di 197 metris fat sù a Vancouver (Canadà). Al à 62 plans in elevazion e 7 plans sot tie. E je la tor plui alte de citât di Vancouver e dal British Columbia. I lavôrs a tacarin tal 2006 e si finirin tal 2008. La struture puartante e je in ciment armât, e la destinazion e je in part residenziâl e in part alberghiere.

Ancje vie pe costruzion di chest edifici si faserin sieltis impuartantis e resonadis su lis soluzion miôr di cjapâ.

La siele dal sisteme di casseraduris des oparis di beton e à costituît un element determinant. Il sisteme al previodeve la metode in vore di une tecniche di movimentazion dai cassetons, cun capacitât di realizâ 1 plan ogni 5 dîs (cirche 920 metris cuadrâts di solâr). Cun di plui, il sisteme al garantive une grande sostignibilitât, in grazie dal tornâ a doprâ i paneli dai cassetons fint a 30/35 voltis, e si dopravin casseraduris di fibre di veri pe realizazion des parêts curvis dal nucli centrâl di beton dal edifici.

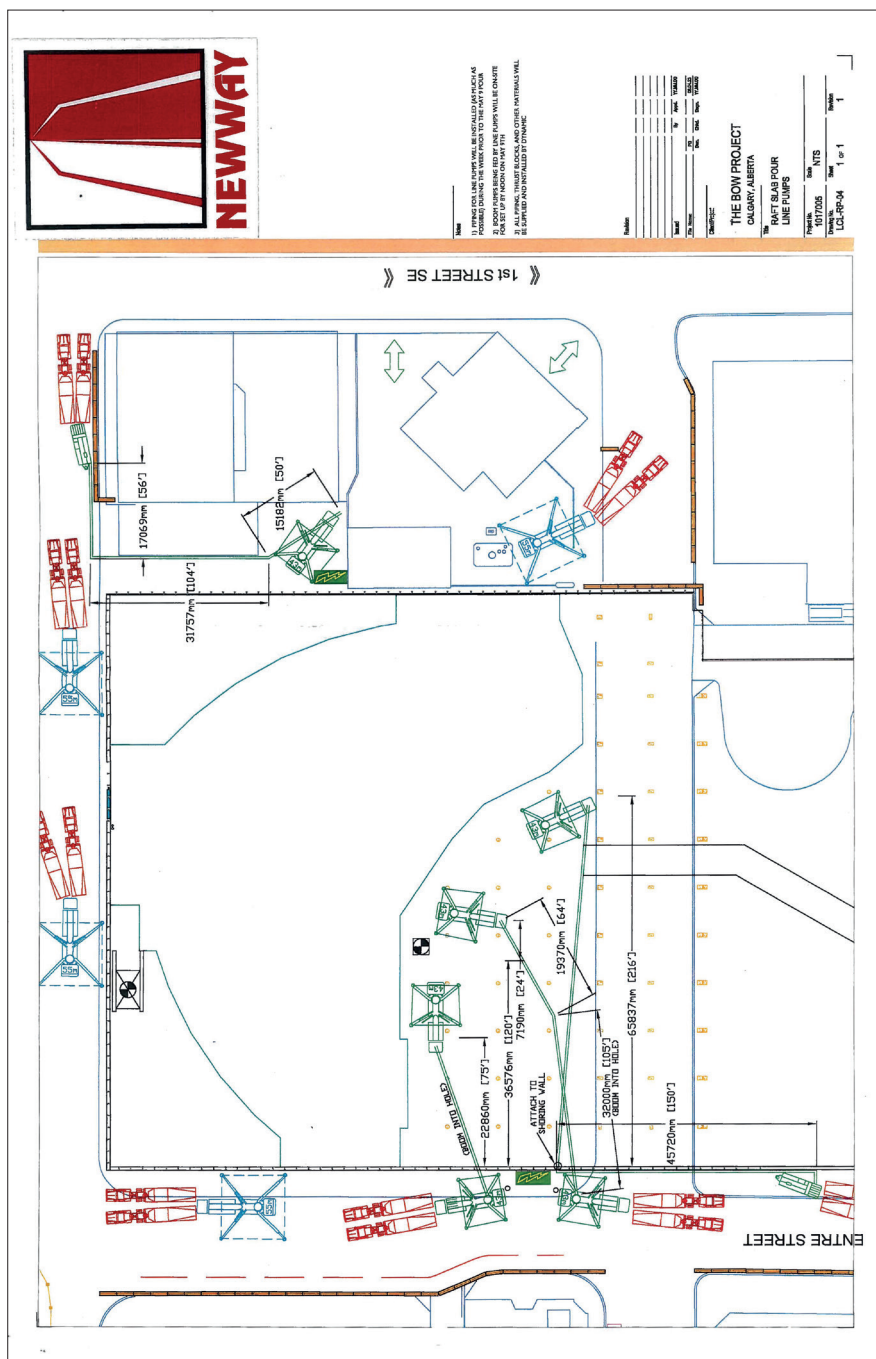


Figure 5. Scheme de dispozizion in plante dai implants pe distribuzion e il gjet dal beton tal gratec! The Bow (Calgary, Alberta, 2008-2012): pozizion dai implants.

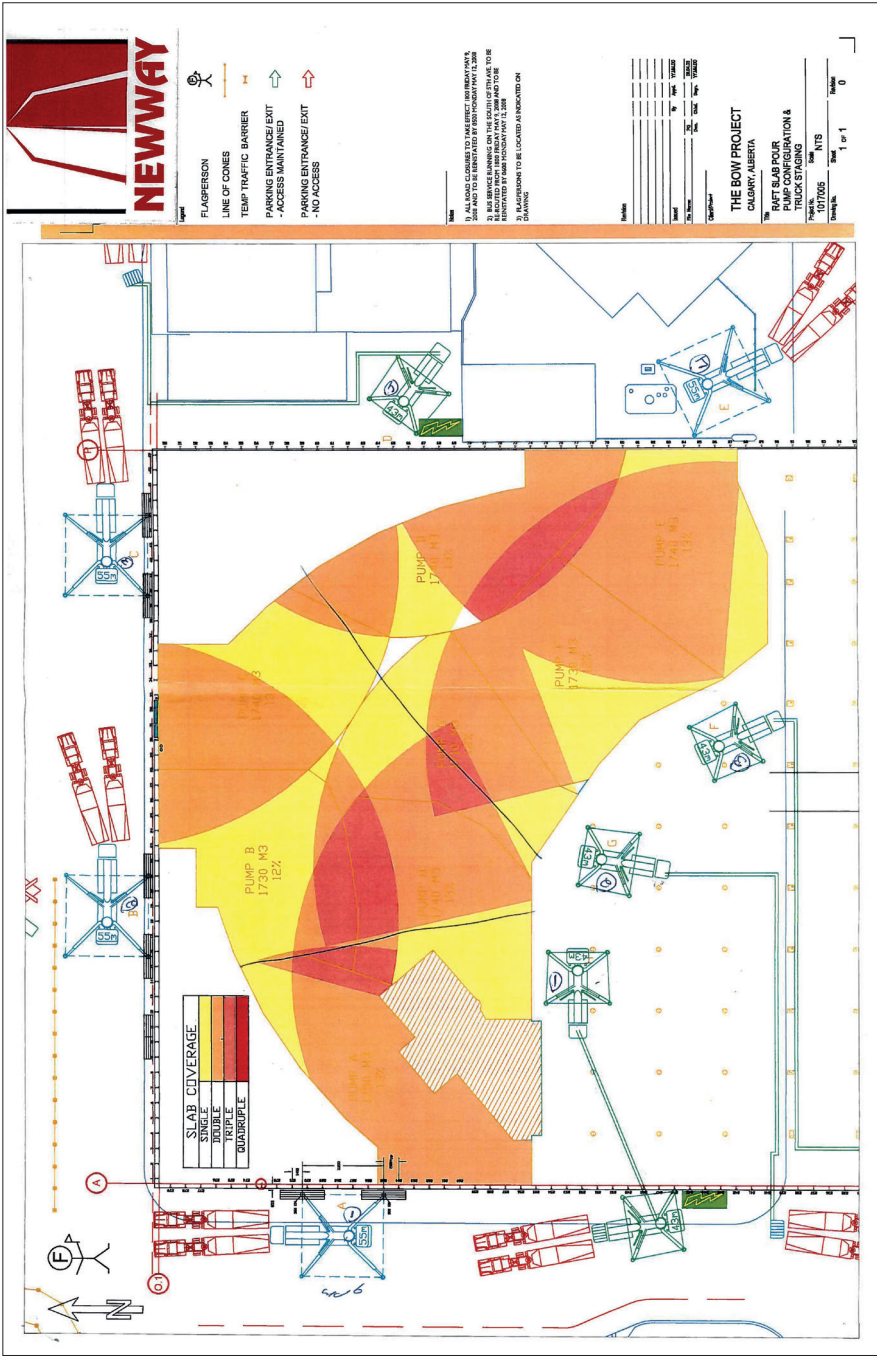


Figure 6. Scheme de disposition in plan of implants pe distribution e il giet dal beton tal gratecil The Bow (Calgary, Alberta, 2008-2012): regions di influence dai implants.

Par vie dal grant numar di vincui cui edificis dongje, la soluzion costrutiva originâl e previodeve une grue interne rampante, soluzion tradizional doprade dispès in costruzioni altis de stesse complessitât. Cheste tecniche e veve un fuart riflès su la tempistiche dai lavôrs, stant che e domandave la disponibilitât di 16 plans libars pes ativitâts di smontaç des struturis de armadure de grue. Chest al voleve dî che i plans che a jerin sot de grue no podevin jessi finîts fint cuant che la grue no jere stade dismantelade e movude tai plans plui alts par lâ indevant cu la costruzion. Inte fase di programazion dai lavôrs di cantîr, la *NewWay* e proponè une soluzion gnove dal pont di viste de ingegnarie che e permeteve ae grue di jessi tignude sù in corrispondence di doi nivei dilunvie i elements verticâi resistentis dal nucli centrâl in ciment armât e des colonis principâls dal edifici (Fig. 7). Cussì si diminuive il numar dai plans che a coventavin par movi la grue, cuntun grant vantaç in tiermins di timps e coscj. Tal setôr des costruzioni altis cun grue interne rampante, cheste idee e je stade giudicade originâl dai esperts projetiscj e costrutôrs e di chês volte e je stade impleade plui voltis de *NewWay* in variantis diferentis.

Par completece, tra i esemplis di soluzions inovativis dal pont di viste de ingegnarie e originâls proponudis o metudis in vore tai nestris cantîrs, o volarès nomenânt uns doi. Il prin al è il sisteme A-FRAME: si trate di un metodi costrutîf par movi cun plui agilitât la grue in cuotis plui alts doprant une struture di fier impostade a contrast su lis struturis resistentis verticâls. Il secont al è il sisteme TABLA. Si trate di une soluzion di casseradure autopuartante che e previôt l'ûs di modui di açâl che si assemblin tra di lôr cun facilitât e che si sta pôc a metiju in vore pe armadure/casseradure di gjets slargjâts di beton, soledut par solârs.

Par sierâ cheste part, o volarès nomenâ cualchi edifici alt che al è stât fat sù de *NewWay*, o che al è indevant te realizazion, e dulà che si son dopradis soluzions tecnologjichis di cantîr come chês che o vin descrit parsore. Il gratecîl *Park Place*, realizât a San Diego, al è considerât dai visitadôrs cuasi un simbul de citât, tant che al è clamât parfin "*The Cathedral*", pal so dissen projetuâl che al fâs ricuardâ un pôc une architecture religjose. Altris grandis edificis che si stan fasin sù cumò e che si screaran ca di pôc a son la Ice Tower B (Fig. 8), che e fâs part dal ICE District a Edmonton in Canadà, e il Google Campus, che al à vût che nol è tant il premi pal Best Green Project di ENR Engineering News Record tal 2019.

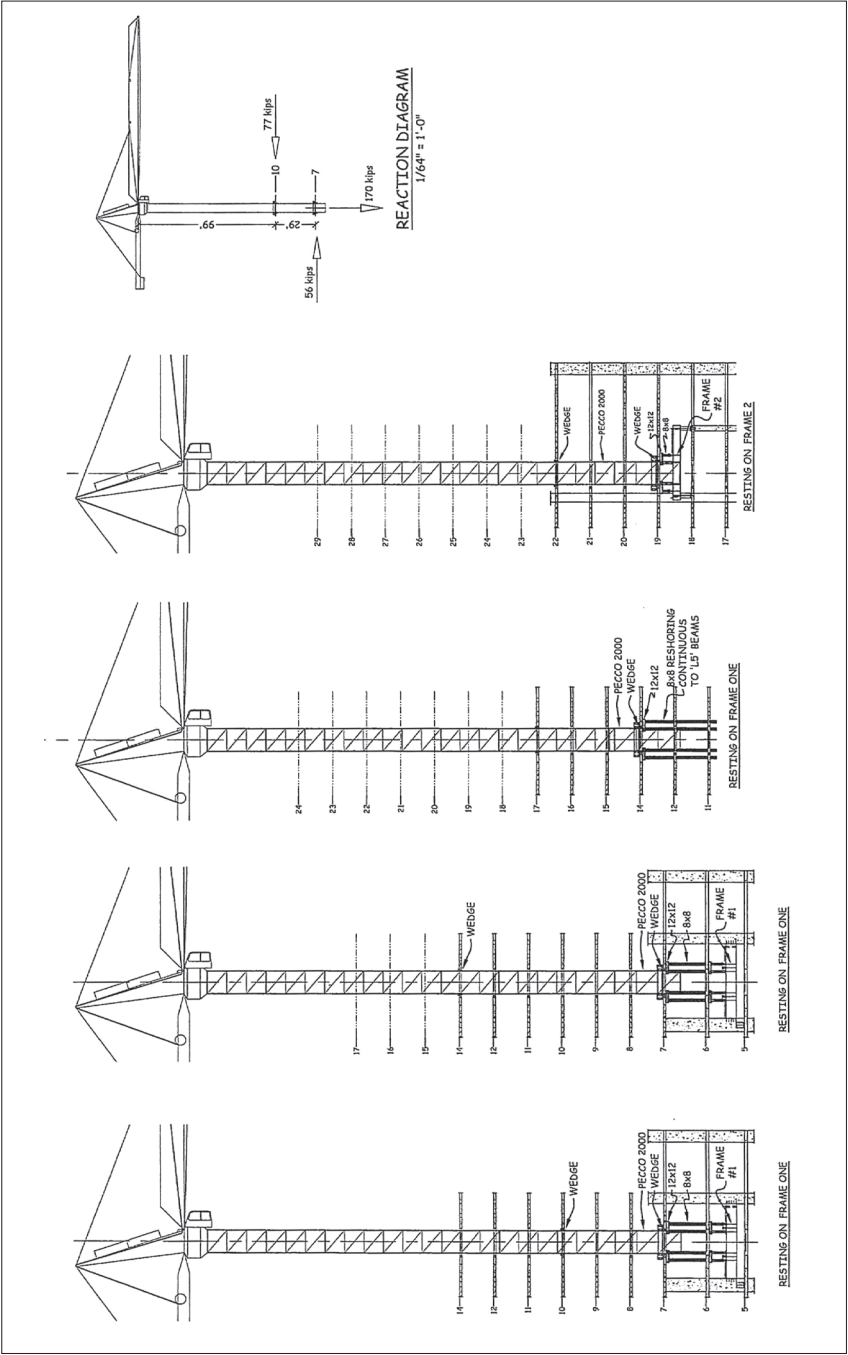


Figure 7. Soluzione innovativa con grue rampante dorate per costruzione del grattacielo Shangri-La Hotel (Vancouver, British Columbia, 2006-2008).



Figure 8. Ice Tower B (Edmonton, Canada, 2016).

4. Inovazion e tradizion. Tal inviâmi a sierâ cheste *lectio*, o volarès tocjâ la cuistion dal tiermin “tradizion” nomenât tal titul. “Tradizion” par me al vûl dî fâ tesaur de esperience passade, des competencis imparadis prime sui bancs di scuele, po te scuele tecniche pe edilizie, e vie vie tes aromai tantis esperiencis di vite reâl di cantîr par grancj edificis. “Tradizion” e je ancje fâ cognossi tal Mont la bandiere dal Friûl, la esperience dai nestris vielis manoâi, muredôrs e mestris, e pal sigûr ancje la esperience che no si pues dismenteâ di chel Model Friûl che al à permetût a chest teritori di tornâ a nassi dopo vê tocjât il font te tragjiche esperience dal tarapot dal 1976. Ma, permetêmi, al è di plui. “Tradizion” par me e vûl dî ancje rispjet dal lavôr e dal lavoradôr. E te *NewWay Construction* il lavôr, e soledut i rapuarts di lavôr, a son ispirâts a principis etics di fonde. Tra chescj, mi plâs ricuardâ:

- l’incentivazion dal spîrt di apartignince aziendâl, midiant il zûc di squadre tal rispjet dai rûls, ma cu la valorizazion dai singui;

- la colaborazion cui dependents, i operaris, i tecnics e i dirigjents, in considerazion des dificultâts reâls che si cjatin tai trasferiments, tal lavôr in cantîr, cualchi volte plui dificil par vie des cundizions ambientâls e climatichis, de necessitât di lavorâ in alte cuote. Ducj i dependents no son considerâts dome come esecutôrs, ma a partecipin ducj insiemi al progjet e ae *mission* de aziende;
- il rispiet de normative e dai codiçs tecnics, ma ancje il rispiet des usancis e des tradizions locâls. Al è clâr che chest al vâl no dome par ativitâts in Canadâ, ma in ogni Stât dulà che e opare la *NewWay*;
- la premialitât slargjade a ducj i dependents che, cu la lôr volontât, la lôr disponibilitât e il lôr lavôr, a dan sigurecis e prospetivis pal avignî de aziende;
- il rispiet tassatîf des normis di sigurece par evitâ cualsisedi azion pericolose, par tutelâ i dependents e i operaris tal ambient di lavôr;
- la fidelizazion dai leams cui clients e furnidôrs, leams fundamentâi par continuâ a miorâ la aziende tal timp.

Vie pai agns di lavôr o ai imparât che si à simpri di miorâsi e dâ il massim in ogni robe che si fâs. Sul cjamp o ai imparât competencis gnovis par gjestî te maniere miôr il personâl e lis scuadris di operaris che a lavorin tal cantîr. O crôt che l'avignî al sedi fat di ideis. Te esecuzion dai progjets a puedin simpri vignî fûr gnûfs problemis e un bon dirigjent al à di frontâju cul cjâf alt, cirint di risolviju te maniere miôr e puartant, se al è il câs, inovazions tecnologichis che a 'nt favorissin la soluzion.

La fusion tra inovazion e tradizion te costruzion di edificis alts no vûl dî une sfide a cui che al à creât il mont, aes grandis altecis o il desideri di jessi invincibil. E vûl jessi une sburtade cussiente te ricercje dal cjamin dal om. Cjalant in alt, a lavôr finît, si incuintrin il cîl, il soreli, la lune, i nûi e lis stelis. Al è in chel moment che si rindin cont di jessi piçulis creaturis in viaç, che a vuelin lassâ une impronte di sperance e di gjonde.

Ringraziaments

L'autôr al ringracie une vore l'architet Sara Albanese pe preziose colaborazion te redazion grafiche de *lectio doctoralis*.