

MANAGEMENT

# Energy management

Fondamenti per la valutazione,  
la pianificazione e il controllo dell'efficienza  
energetica. Con esempi ed esercizi

TERZA  
EDIZIONE

Nino Di Franco



FRANCOANGELI

## Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile con Adobe Digital Editions. Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.



## **Am** - La prima collana di management in Italia

Testi advanced, approfonditi e originali, sulle esperienze più innovative in tutte le aree della consulenza manageriale, organizzativa, strategica, di marketing, di comunicazione, per la pubblica amministrazione, il non profit...

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet: [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it) e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e.mail le segnalazioni delle novità.

**Nino Di Franco**

# Energy management

Fondamenti per la valutazione,  
la pianificazione e il controllo dell'efficienza  
energetica. Con esempi ed esercizi

**TERZA EDIZIONE**



**FRANCOANGELI**

3a edizione. Copyright © 2015, 2017, 2019 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito [www.francoangeli.it](http://www.francoangeli.it).*

*A Fausta, Corinna e Gianluca*





*Nelle cose economiche e sociali,  
la via diritta, salvo eccezioni rarissime,  
è la via falsa.  
Solo la via storta,  
lungo la quale gli uomini cadono,  
ritornano sui propri passi,  
esperimentano,  
falliscono e ritentano  
e talvolta riescono,  
è la via sicura e, di fatto, più rapida.*

Luigi Einaudi, *Lezioni di politica sociale*



---

# Indice

<b>Prefazione alla III edizione</b>	pag. 13
<b>Prefazione alla I edizione</b>	» 14
<b>1. Analisi costi-benefici per l'efficienza energetica</b>	» 17
1.1 Logica dell'analisi costi-benefici	» 18
1.2 Meccanismi di capitalizzazione e attualizzazione	» 19
1.3 Flussi di cassa attualizzati e Valore Attuale Netto	» 21
1.4 Il fattore di annualità <i>FA</i>	» 23
1.5 Casi applicativi di capitalizzazione e sconto	» 26
1.6 Parametri per il calcolo del <i>VAN</i>	» 29
1.7 Inflazione e aumento differenziato dei prezzi	» 38
1.8 Interludio sull'analisi costi-benefici	» 49
1.9 Un'applicazione significativa	» 56
1.10 Influenza della tassazione	» 59
1.11 Vita residua	» 61
1.12 Espressione completa del valore attuale netto	» 66
1.13 Indicatori economici	» 67
1.14 Scelta tra progetti a diversa vita utile	» 80
1.15 Problemi di ottimizzazione	» 84
1.16 Analisi di sensibilità	» 85
1.17 Il metodo Montecarlo	» 89
Appendice 1.1	» 98
Appendice 1.2	» 99
Appendice 1.3	» 101
Appendice 1.4	» 102
Appendice 1.5	» 104
<b>2. La diagnosi energetica</b>	» 107
2.1 Efficienza e risparmio	» 107
2.2 Le sei porte (chiuse) dell'efficienza energetica	» 108
2.3 I principi dell'efficienza energetica	» 114
2.4 L'attività diagnostica	» 115
2.5 Come si conduce una diagnosi energetica	» 147
2.6 La realizzazione completa di un'attività diagnostica	» 161

2.7	Il vademecum del perfetto auditor energetico	pag. 166
	Appendice 2.1	» 168
	Appendice 2.2	» 185
<b>3.</b>	<b>Isolamenti termici</b>	» 206
3.1	Calore sensibile	» 206
3.2	Calore latente	» 207
3.3	Meccanismi di trasmissione del calore	» 209
3.4	I materiali isolanti	» 225
3.5	Determinazione dello spessore di coibente ottimale	» 231
	Appendice 3.1	» 242
	Appendice 3.2	» 244
<b>4.</b>	<b>Gestione della combustione</b>	» 245
4.1	La combustione	» 245
4.2	Richiami di chimica della combustione	» 247
4.3	Combustione pratica	» 253
4.4	Potere calorifico superiore e inferiore	» 259
4.5	Fenomeno delle condense acide	» 260
4.6	I diagrammi di Ostwald	» 261
4.7	Diagnosi di un generatore di calore	» 268
4.8	Le perdite di calore	» 270
4.9	Analisi del generatore	» 281
	Appendice 4.1-A	» 287
	Appendice 4.1-B	» 287
	Appendice 4.1-C	» 288
	Appendice 4.2	» 289
<b>5.</b>	<b>Recuperi di calore</b>	» 292
5.1	L'opportunità del recupero	» 292
5.2	Assetto termico per scambiatori di calore	» 292
5.3	Dimensionamento della superficie di scambio termico	» 299
5.4	Dimensionamento ottimale di uno scambiatore	» 303
5.5	Le verifiche preliminari	» 316
5.6	I recuperi multipli di calore	» 319
5.7	Scambiatori di calore	» 336
5.8	La ricompressione meccanica del vapore	» 341
5.9	Allenare il colpo d'occhio: si risparmia energia?	» 342
	Appendice 5.1	» 345
	Appendice 5.2	» 350
	Appendice 5.3	» 351
<b>6.</b>	<b>Refrigerazione</b>	» 356
6.1	L'opportunità	» 356
6.2	Ciclo frigorifero a compressione	» 356
6.3	Efficienza energetica degli impianti frigoriferi	» 359
6.4	Componenti dell'impianto frigorifero	» 361

<b>7.</b>	<b>Riscaldamento di ambienti industriali</b>	pag. 369
7.1	L'opportunità	» 369
7.2	Parametri di un impianto di condizionamento	» 369
7.3	Bilancio termico	» 370
7.4	Misure di contenimento dei consumi	» 371
<b>8.</b>	<b>Il rifasamento del carico elettrico</b>	» 385
8.1	Richiami teorici	» 385
8.2	Gestione del fattore di potenza	» 393
8.3	Il rifasamento distribuito	» 411
8.4	Il problema delle armoniche	» 420
<b>9.</b>	<b>Gestione dei trasformatori</b>	» 422
9.1	Principio di funzionamento del trasformatore	» 422
9.2	Considerazioni energetiche	» 423
9.3	Il rendimento di un trasformatore	» 433
9.4	Gestione ottimale dei trasformatori	» 438
9.5	Tipologie di trasformatori	» 444
	Appendice 9.1	» 446
<b>10.</b>	<b>Motori elettrici</b>	» 448
10.1	La teoria	» 448
10.2	Parametri energetici di un motore elettrico	» 451
10.3	Corretta gestione energetica dei motori	» 454
10.4	L'alternativa del riavvolgimento	» 460
10.5	I motori ad alta efficienza	» 463
10.6	Trasmissioni della potenza	» 466
10.7	Variatori di velocità	» 468
10.8	Gestione del parco motori di un sito produttivo	» 472
	Appendice 10.1	» 474
<b>11.</b>	<b>L'aria compressa</b>	» 476
11.1	La fase di compressione	» 476
11.2	Il ciclo di compressione reale	» 485
11.3	I sistemi ad aria compressa	» 491
11.4	Interventi di razionalizzazione	» 498
<b>12.</b>	<b>Usi impropri dell'elettricità</b>	» 512
12.1	L'opportunità	» 512
12.2	Evitare l'uso dell'elettricità a fini termici	» 513
<b>13.</b>	<b>Gestione di pompe e ventilatori</b>	» 516
13.1	Espressione della prevalenza di una pompa	» 516
13.2	Curve caratteristiche	» 517
13.3	Parametri energetici di una pompa	» 523
13.4	Interventi di risparmio nei sistemi di pompaggio	» 523
13.5	Gestione dei ventilatori	» 533
	Appendice 13.1	» 541

Appendice 13.2	pag. 542
Appendice 13.3	» 544
<b>14. Distribuzione elettrica</b>	» 546
14.1 L'opportunità	» 546
14.2 Dimensionamento ottimale di un conduttore	» 547
14.3 La termografia	» 551
14.4 Sbilanciamento di tensione	» 552
14.5 Turboespansore per decomprimere gas naturale	» 553
Appendice 14.1	» 556
Appendice 14.2	» 557
<b>15. Il differimento dei carichi elettrici</b>	» 558
15.1 L'opportunità	» 558
15.2 L'accumulo del freddo	» 559
<b>16. Illuminazione</b>	» 566
16.1 Le sorgenti luminose	» 567
16.2 Parametri illuminotecnici	» 572
16.3 Energetica dell'impianto di illuminazione	» 576
Appendice 16.1	» 586
<b>17. Cogenerazione</b>	» 587
17.1 Introduzione	» 587
17.2 La cogenerazione e la produzione separata	» 588
17.3 Il principio fisico	» 590
17.4 Indicatori per la cogenerazione	» 591
17.5 Le criticità della cogenerazione	» 593
17.6 Le macchine da cogenerazione	» 595
17.7 Gli accumuli termici	» 609
17.8 La macchina per impianti di piccola taglia	» 611
<b>18. Il sistema di gestione ISO 50001</b>	» 625
18.1 Perché transitare verso i sistemi di gestione	» 625
18.2 La norma UNI-CEI-EN ISO 50001	» 630
18.3 Conclusioni	» 642
Appendice 18.1	» 645
Appendice 18.2	» 646
Appendice 18.3	» 650
<b>Addendum: unità di misura</b>	» 653
<b>Ringraziamenti</b>	» 655
<b>Bibliografia</b>	» 657

---

## Prefazione alla III edizione

La terza edizione di *Energy Management* mantiene spirito e struttura del testo originario. Un libro di *fondamenti* dovrebbe restare immune alle trasformazioni della società e della tecnologia, che tuttavia ci sono, imponenti e d'impatto, nel campo dell'energetica. Basti pensare alle liberalizzazioni dei mercati, alle nuove fonti di energia (*shale gas* e *shale oil*), alle motorizzazioni elettriche, alle nuove forme di incentivazioni e obblighi, a rivoluzionarie sorgenti luminose, ai sistemi di monitoraggio, all'*Internet of Things*, eccetera. Il testo, su questo palcoscenico dove si alternano tsunami improvvisi e bonacce persistenti, si pone come la bussola che allinea la navigazione alla rotta, e senza troppi tecnicismi e senza l'ossessione dell'aggiornamento riconduce alla sostanza tecnica dei fenomeni di nostro interesse. Ho voluto renderlo ancora più completo ed autosufficiente inserendo un capitolo sulla gestione dei ventilatori; il metodo esatto per la soluzione di problemi di scambio termico; pagine sulla comprimibilità dei fluidi; un paragrafo sulle lampade a induzione, l'aggiornamento del capitolo sulla norma ISO 50001, e altri aggiustamenti. Ho inserito anche un *addendum* sulle unità di misura. Il lettore mi scuserà, ma nel leggere l'ennesimo articolo che riporta quanti *KW/h* sono stati risparmiati, e che il consumo domestico è di circa 3000 *kilowatt all'anno*, non ho saputo resistere, e ho dovuto dare il mio contributo. Chi avesse velleità di diventare giornalista, e inviasse una mail alla direzione di un giornale con scritto "Se sarei assunto...", non avrebbe speranza di strappare un colloquio. Perché da noi le cose dovrebbero andare diversamente? Nel nostro mondo c'è una grammatica, ed è il Sistema Internazionale delle Unità di Misura. Andrebbe (va) adottato da tutti, operatori e media.

---

## Prefazione alla I edizione

Il decreto legislativo n. 102 del 4 luglio 2014, recepimento della direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, prevede fra le novità più rilevanti l'obbligo di esecuzione di una diagnosi energetica per le grandi imprese entro il 5 dicembre 2015, da replicarsi ogni quattro anni. L'Unione Europea ha voluto con ciò sollecitare il settore produttivo all'adozione di accorgimenti orientati al corretto uso dell'energia i quali, seppur indotti da un provvedimento cogente, dovrebbero facilitare razionalizzazioni e risparmi in grado di ripagare lo sforzo di adeguamento. Una prescrizione che appare così asettica contiene tuttavia in sé i germi del vaso di Pandora. Eseguire una diagnosi energetica efficace significa infatti conoscere i cicli produttivi, le tecnologie efficienti, saper svolgere analisi economiche, saper determinare, in regime di ottimizzazione, le dimensioni dei vari apparati da introdurre; saper reperire, filtrare, elaborare e presentare i dati e le informazioni, trovare le fonti di finanziamento, adottare sistemi di gestione, eccetera. In ognuno dei precedenti aspetti sono poi nidificate altre questioni da dover padroneggiare, per esempio nell'ambito delle tecnologie efficienti si trovano quelle *orizzontali* e quelle *verticali*, ogni famiglia delle quali contiene decine (centinaia?) di opzioni da dover tener tutte presenti all'atto dell'esecuzione della diagnosi, e ogni opzione rimanda a una particolare problematica tecnico-economica che chiama in causa potenze installate, coefficienti di carico, ore di inserzione, rendimenti, fattori di potenza, costi d'investimento, costi operativi e altro ancora. Affrontare questo impegno contando su un ottimo bagaglio teorico e pratico è vitale sia per il consulente, che può così dimostrarsi all'altezza del mandato, che per l'impresa committente, che può così orientare al meglio le analisi e attingere a nuove opportunità di *business*.

Questo libro è stato scritto per venire incontro a entrambe le controparti, con lo scopo di facilitare la creazione di una base di *fondamenti*, il cui possesso distingue colui che sa fare rispetto a chi troppo spesso ricorre all'improvvisazione, alla facile creatività o alla stanca riproposizione di sempre uguali soluzioni.

Il testo non si pone in concorrenza ai manuali tecnici; tabelle quantitative sono ristrette al numero indispensabile, e sono state contenute al massimo le classificazioni impiantistiche, qualora non ritenute significanti. Si è dato per acquisito che la manutenzione degli impianti sia sempre stata eseguita in modo puntuale e corretto, cosicché i problemi energetici saranno ricercati nei pertinenti ambiti *a monte*.



Per veicolare un efficace pragmatismo, l'opera è stata sfrondata da un eccessivo indugio formulistico, evitando il ricorso a equazioni differenziali, integrali e operatori esotici, quando si sia ritenuto che ciò non aggiungesse valore aggiunto alla comprensione degli argomenti. Spesso tuttavia le catene causali che partono dai principi fisici fino alle prassi ultime sono *belle*, e in questi casi non si è potuto fare a meno di proporle.

Il testo non enfatizza statistiche di consumo energetico, né a livello mondiale né locale o per categoria di utilities o di usi finali o di fonti energetiche. Statistiche valide al momento dell'ultima stesura saranno già obsolete alla data della pubblicazione, e perderanno sempre più di significato con lo scorrere del tempo. Elementi storicizzati in un testo di *fondamenti* rischiano di essere controproducenti, visto che i principi dell'energetica sono validi sempre e a qualunque latitudine.

Lo stesso discorso riguarda la normativa: l'efficienza e il risparmio energetico sono stati sottoposti nel tempo – e continueranno a esserlo – a un'intensa normazione a partire dalla legge 373/76 fino al recente D.Lgs 102/14. Un aggancio troppo stretto a un qualunque disposto normativo renderebbe il testo sorpassato già dopo alcuni mesi: invece le verità e le metodologie tecniche ed economiche esposte nel libro resteranno. Le normative passano.

L'approccio economico lega come un *fil rouge* tutti gli argomenti presentati. A seguito del progressivo depauperamento delle riserve di energia primaria, l'efficienza energetica è ormai divenuta un *topic* mediatico, spesso sopravvalutata, poco approfondita e/o criticata, da conseguirsi spesso tout court all'insegna del *costi quel che costi*. Essa viceversa va considerata come un importante strumento a disposizione dei decisori per poter risolvere questioni di bilancio e di sostenibilità.

Se l'energy manager si appropria di questo sano principio saprà individuare e superare le barriere che ostacolano l'effettivo e pieno conseguimento dei possibili risparmi energetici e, nel confronto col committente, sarà in grado di motivare le proprie scelte con gli argomenti 'forti' per eccellenza: l'economia e la tecnica. L'aspetto ideologico o romantico sarà destinato ad altri tavoli di discussione, che non siano il sano confronto sui *fatti*.

Il mestiere dell'energy manager è bellissimo.

Ogni realtà operativa è diversa da qualunque altra, e non ci sono mai soluzioni precostituite le quali, poiché hanno dato buoni esiti in un contesto A, daranno senz'altro esiti analoghi anche in un contesto B. Tanti ambiti della consulenza tecnica vengono affrontati e risolti compilando questionari precostituiti; nel campo dell'efficienza energetica questo non è possibile, e questo rende il nostro mestiere paragonabile a quello dell'investigatore, che deve andare in cerca di indizi, saper dare il giusto peso alle informazioni acquisite, avere fiuto, saper trattare con gli organi di vertice come con le maestranze, e ogni volta rimettersi in discussione, al fine di individuare quelle opportunità che concorrono a far quadrare meglio i conti del committente. Chiunque, con un po' di pratica, riesce a compilare questionari. Pochi riescono invece a inquadrare la nuova realtà da risanare, anche se appartenente a un settore produttivo non conosciuto, in una corretta cornice metodologica,

e ad accettare la nuova sfida che questo comporta. Non è un lavoro per i sedentari o per chi non abbia voglia di migliorarsi, e proprio per questo l'energy management è un lavoro prodigo delle soddisfazioni che capitano solo a chi tenta per la prima volta l'esperimento temuto dagli altri.

### **Nota metodologica**

I prezzi di vettori energetici e apparecchiature adottati nei numerosi esercizi di cui è corredato il testo hanno valore indicativo ed esemplificativo. Nell'applicare le procedure di calcolo illustrate, il lettore dovrà riferirsi ai prezzi specifici occorrenti nella propria reale situazione tecnico-economica.

---

## Analisi costi-benefici per l'efficienza energetica

Un responsabile della gestione dell'energia deve padroneggiare le tecniche di analisi costi-benefici. Il discriminante tra la semplice conoscenza 'tassonomica' delle pratiche di efficientamento energetico, e l'interiorizzazione dell'intera pragmatica che vi sottende, è proprio l'economia. Chiunque sarebbe in grado di reperire la lista di interventi da potersi applicare in un certo contesto, ma pochi sono in grado di identificare *proprio* gli interventi da realizzarsi in *quella* situazione, dimensionarli e quantificarne i corretti risparmi energetici ed economici. In effetti la committenza, nel campo del risparmio energetico, è portatrice di istanze che non riguardano la sfera tecnica, ma solo quella *economica*, avente a oggetto costi di realizzazione degli interventi, redditività, i giusti dimensionamenti, tempi di ritorno, rischi connessi con relativo grado di accettabilità, necessità finanziarie. *Queste* saranno le questioni da affrontare, ed è dunque necessario che il revisore energetico si impossessi *anche e soprattutto* dei principi dell'analisi costi-benefici, per entrare in sintonia col sentire del committente, ed essere in grado di confortare nella maniera più esauriente e convincente possibile le osservazioni cui sarà sottoposta l'opera che ci si attende da lui.

L'analisi costi-benefici non è un complemento alle conoscenze di un gestore dell'energia e non è pura contabilità; costituisce viceversa un potente strumento per individuare, selezionare e ordinare i possibili interventi di risparmio energetico, e per valutare l'incidenza di eventuali fattori di rischio. Essa orienta le scelte tecniche del progettista e le scelte finanziarie del decisore. Si sostituisce al *rasoio di Occam*: «Questo sì» e «Questo no», senza ambiguità e opacità.

Chi conosce l'analisi costi-benefici parla di efficienza energetica con consapevolezza, chi non la conosce resta confinato nell'area del buon senso, del 'sentito dire', del conformismo tecnologico, delle contingenze normative o incentivanti. Dal canto loro, i committenti dovrebbero pretendere pragmatismo e numeri, e non cedere alla tentazione di apparire aggiornati caldeggiando e adottando tecnologie *alla moda*.

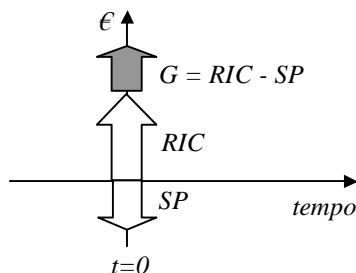
L'analisi economica costituisce in conclusione il terreno comune su cui la comunità delle parti interessate può dialogare e intendersi.

## 1.1 Logica dell'analisi costi-benefici

Un'analisi costi-benefici si basa sul confronto tra il denaro speso per sostenere l'investimento e il denaro che si presume venga *generato* dall'investimento stesso nell'arco della propria vita. In termini elementari, va determinato il guadagno  $G$  di un'iniziativa che prometta un ricavo  $RIC$  a fronte di una spesa  $SP$ . La relazione che lega le precedenti variabili è, dall'aritmetica elementare (v. fig. 1):

$$G = RIC - SP \quad 1)$$

In pratica, secondo la 1) la spesa  $SP$  genera, *nello stesso istante* in cui è sostenuta, il beneficio  $RIC$ ; il guadagno  $G$  è dato dalla differenza tra  $RIC$  e  $SP$ . Se  $G$  è positivo, l'iniziativa produce un guadagno; viceversa produce una perdita. Nella realtà, le transazioni si svolgono con un differimento temporale tra le varie fasi dell'iniziativa economica: l'investimento viene effettuato al *momento zero* con denaro attuale; i benefici (i flussi di cassa  $FC$ ) si renderanno disponibili solo nelle successive annualità (v. fig. 2). Estendendo la validità della 1), si potrebbe associare alla precedente operazione un vantaggio:

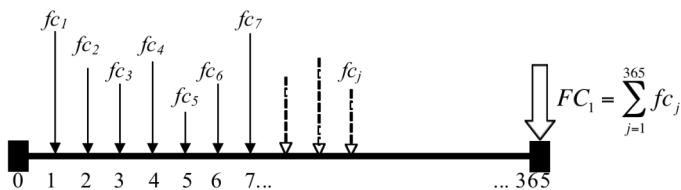


**Fig. 1 – SP produce RIC e G al tempo t=0.**

$$G = FC_1 + FC_2 + FC_3 + FC_4 + \dots + FC_n - I_0 = \sum_{j=1}^n FC_j - I_0 \quad 2)$$

avendo assunto l'anno<sup>1</sup> come intervallo-base tra un beneficio e l'altro.

<sup>1</sup> In realtà, il flusso di cassa  $FC$  è costituito dai flussi parziali  $fc_j$  che si manifestano di regola con continuità giorno per giorno lungo il corso dell'anno; sarebbe quindi più realistica, per es. per il primo anno, una raffigurazione come la seguente:



È prassi consolidata considerare il  $FC_1 = \sum_{j=1}^{365} fc_j$  come occorrente nella sua totalità no-

minale (non rivalutata) alla scadenza del primo anno. Lo stesso principio vale per i flussi di cassa degli anni successivi.

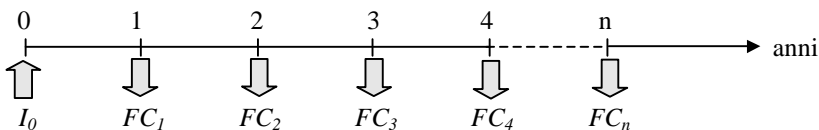


Fig. 2 - Flussi di cassa  $FC_j$  a fronte di un investimento  $I_0$ .

La 2) tuttavia non può essere utilizzata poiché presuppone che soldi futuri siano uguali a soldi di oggi, mentre invece l'essere umano attribuisce maggior valore a una ricchezza attuale, piuttosto che alla stessa ricchezza – in valore nominale – disponibile nel futuro: 100 € attuali valgono di *più* di 100 € futuri. Un tale fenomeno, noto nelle scienze economiche come 'postulato di impazienza', *non può essere dimostrato*, ha esclusive radici nella psicologia dell'umano e *non dipende* dalla diminuzione del potere di acquisto nel tempo causata dall'inflazione.

Tutto accade come se nel DNA dell'*homo sapiens sapiens* fosse iscritta una sequenza genica che codifichi per una simile tendenza, e che ciò abbia portato, in qualunque epoca e a qualunque latitudine, a pretendere un *interesse* per il prestito di capitali<sup>2</sup>. In conseguenza di ciò la relazione 2) dovrà essere corretta.

## 1.2 Meccanismi di capitalizzazione e attualizzazione

Il fattore che consente il confronto tra denaro disponibile in diversi momenti temporali è l'*interesse*. Se l'interesse è fissato nella percentuale di "R" all'anno, le due parti – creditrice e debitrice – converranno che un capitale  $K_0$ , dato in deposito all'istante zero, è equivalente a un capitale  $K_1$ , riscattabile tra un anno, pari a:

$$K_1 = K_0 + K_0 R = K_0 (1+R) \quad 3)$$

Nella 3),  $K_0 R$  rappresenta la "quota interesse", proporzionale ad  $R$  [anni<sup>-1</sup>]. Alla fine del secondo anno la parte creditrice ritirerebbe il montante  $K_1$  e il premio per aver lasciato  $K_1$  in giacenza per un secondo anno, cioè:

$$K_2 = K_1 + K_1 R = K_1 (1+R)$$

e, applicando la 3)<sup>3</sup>:

$$K_2 = [K_0 (1+R)](1+R) = K_0 (1+R)^2 \quad 4)$$

<sup>2</sup> L'interesse associato alla disponibilità di un capitale attuale appartiene alle seguenti categorie: costo del *servizio* (l'interesse è la remunerazione pretesa per l'erogazione del prestito); costo *opportunità* (si paga la rinuncia al capitale da parte del prestatore, col quale egli avrebbe condotto una speculazione che avrebbe generato profitto); costo di *rischio* (è fatto pagare il rischio di insolvenza da parte del debitore). Il concetto di 'interesse' e la pratica dell'*usura* sono già citati nella Bibbia, v. per es. *Levitico*, 25:36, 25:37 e *Salmi*, 15:5.

<sup>3</sup> Per un tasso  $R_2$  al secondo anno diverso da  $R_1$ , la 4) diventa:

$$K_2 = K_0 (1+R_1)(1+R_2).$$